

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO
EN INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS
PARA LA RED VIAL DE LA CIUDAD DE MAZATLÁN,
SIN.**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL – CONSTRUCCIÓN

PRESENTA:

RAFAEL EDUARDO OSUNA RUIZ

TUTOR:

ING. OSCAR ENRIQUE MARTÍNEZ JURADO



2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos:

A Dios Todo Poderoso

Por permitirme la Gracia de la Vida
Como también concluir este objetivo en mi formación Profesional
y el que me permita disfrutar de sus beneficios.

A mi Madre

Elodia Ruiz Parra
Hoy una vez más agradezco su confianza y apoyo
Con el amor, cariño y respeto que merece.

A mi novia

María de Jesús Osuna Sainz
A quien amo y quiero, y quien se convertirá en mi futura esposa.

A mis amigos

Edgar Gutierrez García, Cesar Simental Cárdenas, Kim Loo Garcia y Miguel Rendón.
Por su apoyo incondicional.

A mis compañeros de mi generación

Con los cuales pasamos momentos muy agradables.

Al Asesor de Tesis

Ing. Oscar Enrique Martínez Jurado
Por su colaboración y apoyo en la realización de este trabajo

A la UNAM

Por brindarme la oportunidad y permitirme esta formación profesional

A todas aquellas personas que de una u otra forma
colaboraron en la elaboración de este trabajo y en mi formación profesional

**Con todo amor y cariño a la persona que
me apoyo
que está y estará por siempre
conmigo en
mi mente y
mi corazón,
por siempre...**

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.I. DÍAZ DÍAZ SALVADOR

Secretario: M.C. FIGUEROA PALACIOS ESTEBAN

Vocal: ING. MARTÍNEZ JURADO OSCAR ENRIQUE

1er. Suplente: DR. MEZA PUESTO JESÚS HUGO

2do. Suplente: ING. COTTIER CAVIEDES JUAN LUIS

Lugar donde se realizo la tesis:

MEXICO, D.F.

TUTOR DE TESIS:

OSCAR ENRIQUE MARTÍNEZ JURADO

FIRMA

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	i
1. GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
Objetivo capitular	2
1.2 PAVIMENTOS	2
1.2.1 Definición	3
1.2.2 Tipos de pavimentos	4
1.2.3 Costos asociados a la tecnología de los pavimentos	6
1.2.4 Algunos aspectos comparativos entre pavimentos flexibles y rígidos	15
1.3 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS	19
1.3.1 Niveles de gestión de pavimentos.	20
1.3.2 Beneficios de la administración de pavimentos	22
1.4 LA CIUDAD DE MAZATLÁN	23
1.4.1 Antecedentes	23
1.4.2 Estructura organizacional	24
1.4.3 Infraestructura de los pavimentos	26
1.4.3.1 Tipología de los pavimentos	27
1.4.3.2 Clasificación de la red vial	27
Conclusión capitular	30
2. DISEÑO DE PAVIMENTOS	32
2.1 INTRODUCCIÓN	32
Objetivo capitular	33
2.2 DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	34
2.2.1 Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM	34
2.2.1.1 Criterios de diseño	34
2.2.1.2 Parametros de diseño	35
2.2.2 Método de Diseño Español MOPU - Secciones de Pavimento	39
2.2.2.1 Tránsito	39
2.2.2.2 Subrasante	40
2.2.3 Método de la AASHTO para el Diseño de la Sección Estructural de los pavimentos	41
2.2.3.1 Método de diseño	41
2.2.3.2 Determinación de espesores por capas	45
2.3 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO POR EL MÉTODO AASHTO	46
2.4 COSTOS COMPARATIVOS DE SOLUCIONES	52
Conclusión capitular	55
3. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS	57
3.1 INTRODUCCIÓN	57
Objetivo capitular	58
3.2 INFORMACIÓN BÁSICA	58
3.2.1 Requerimiento de personal y equipo	59

3.2.2 Estructura de la recolección de datos	60
3.2.2.1 Identificación de la vía y su localización	63
3.2.2.2 Determinación de secciones homogéneas	64
3.2.2.3 Levantamiento de los datos de condición del pavimento	67
3.2.2.4 Levantamiento de información complementaria	71
3.3 PROCESAMIENTO DEL INVENTARIO GENERAL DE CONDICIÓN	73
3.3.1 Procesamiento de los formatos de evaluación	73
3.3.2 Determinación del índice de estado	73
3.3.2.1 Procedimiento de cálculo	74
3.3.2.2 Interpretación de los resultados	76
3.3.3 Clasificación según el tipo de acción	76
3.3.3.1 Algoritmo para seleccionar la categoría de acción	77
3.3.4 Presentación de resultados	79
3.3.4.1 Plano de condición general de la red	80
3.3.4.2 Presentación "Inventario general de condición"	80
3.3.4.3 Resumen de condición general de la red	80
Conclusión capitular	81
<hr/>	
4. CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS	
4.1 INTRODUCCIÓN	85
Objetivo capitular	87
4.2 DETERIOROS MÁS COMUNES EN LOS PAVIMENTOS	87
4.3 TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	120
4.3.1 Sello	120
4.3.2 Bacheo	122
4.4 TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	123
4.4.1 Reciclado de pavimentos	123
4.4.1.1 Renivelación de carpetas	124
4.4.2 Sobrecarpetas	125
4.4.2.1 Sobrecarpetas de concreto hidráulico. (Whitetopping)	125
4.4.2.2 Sobrecarpetas de concreto asfáltico	127
4.4.3 Reconstrucción	128
4.5 ANÁLISIS DE TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS	128
4.5.1 Sellado de juntas y grietas	128
4.5.2 Estabilización de losas	129
4.5.2.1 Estabilización de losas con mezclas de mortero de cemento hidráulico	130
4.5.2.2 Estabilización de losas con asfalto	131
4.5.3 Nivelación de losas	133
Conclusión capitular	134
<hr/>	
5. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS	
5.1 ANTECEDENTES	136
Objetivo capitular	138
5.2 IDENTIFICACIÓN DEL DIAGNÓSTICO	139
5.3 PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS	142

5.3.1 Reestructuración organizacional	142
5.3.1.1 Creación de la Secretaría de Infraestructura y Planeación para el Desarrollo Urbano Sustentable.	145
5.3.1.2 Creación de una Dirección de vialidad y proyectos	147
5.3.1.3 Creación de una Coordinación General de Geoestadística e Informática.	148
5.3.2 Capacitación de los recursos humanos	151
5.3.3 Responsabilidades institucionales	153
5.3.4 Generación e implantación del sistema de administración de pavimentos	154
5.3.4.1 Elaboración del inventario de la red vial	154
5.3.4.2 Establecimiento de un procedimiento sistemático de evaluación	155
5.3.4.3 Evaluación de la infraestructura vial complementaria	156
5.3.4.4 Obtención de datos de ingeniería de tránsito	157
5.3.4.5 Propuesta de especialistas, personal de apoyo y equipo	158
5.3.4.6 Definición de las acciones de administración de pavimentos por ejecutar	160
5.3.4.7 Evaluación periódica de la condición de la infraestructura	160
5.3.4.8 Priorización de acciones	161
5.3.4.9 Obtención de los recursos financieros	162
Conclusión capitular	166
<hr/>	
6. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL Y ASISTENCIA TÉCNICA	169
6.1 ANTECEDENTES	169
Objetivo Capitular	171
6.2 DEFINICIÓN	171
6.3 OBJETIVOS DE UN PROGRAMA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL Y ASISTENCIA TÉCNICA	172
6.4 ALCANCES Y ORIENTACIÓN DE LA ASISTENCIA TÉCNICA	174
6.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA EL PROGRAMA	175
6.6 GUÍA METODOLÓGICA	175
6.7 REESTRUCTURACIÓN DE PROCESOS	178
6.8 ESTRATEGIA DE FINANCIAMIENTO	184
6.8.1 Esquema actual de recaudación	185
6.8.2 Egresos	185
6.8.3 Estrategia financiera para recuperación de costos económicos	186
Conclusión capitular	187
<hr/>	
RECOMENDACIONES	190
BIBLIOGRAFÍA	195

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Sección típica de un pavimento flexible.	4
Figura 1.2 Sección transversal típica de un pavimento rígido.	5
Figura 1.3 Gráfica del ciclo de vida de un pavimento.	7
Figura 1.4 Costos de operación vehicular por cada condición de superficie.	13
Figura 1.5 Comparativo de economía en iluminación entre los pavimentos rígidos y flexibles.	19
Figura 1.6 Ubicación de la ciudad de Mazatlán en el estado de Sinaloa.	23
Figura 1.7 Organigrama del H. Ayuntamiento de Mazatlán.	24
Figura 1.8 Organigrama de la Dirección Planeación de Mazatlán.	25
Figura 1.9 Organigrama de la Dirección de Obras Públicas de Mazatlán.	26
Figura 1.10 Red vial de la ciudad de Mazatlán.	29
Figura 2.1 Curva de distribución normal o de Gauss.	35
Figura 2.2 Recomendación de AASHTO.	46
Figura 2.3 Curva esfuerzo-deformación del concreto.	51
Figura 3.1 Formato para la recolección de datos en el campo.	62
Figura 3.2 Proceso para la determinación de secciones homogéneas.	65
Figura 4.1 Reparación de baches (bacheo).	122
Figura 5.1 Esquema de la problemática.	140
Figura 5.2 Organigrama propuesto para la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano Sustentable.	146
Figura 5.3 Organigrama actual de la Dirección de Informática.	149
Figura 5.4 Propuesta de organigrama de la Dirección General de Geoestadísticas e Informática.	151
Figura 5.5 Organigrama propuesto para el Ayuntamiento de Mazatlán.	167
Figura 6.1 Esquema de las problemáticas institucionales relacionados con el transporte urbano en la ciudad.	171
Figura 6.2 Esquema de los objetivos del Programa de Desarrollo Institucional.	172
Figura 6.3 Esquema de la orientación de la asistencia técnica.	173
Figura 6.4 Esquema de la reestructuración de procesos.	178
Figura 6.5 Esquema de la recopilación de información	178
Figura 6.6 Esquema del diagnóstico de los procesos críticos.	179
Figura 6.7 Niveles de madurez según el porcentaje de eficiencia de gestión.	180
Figura 6.8 Metodología a seguir para llevar a cabo las acciones de reestructuración.	181
Figura 6.9 Esquema de la evaluación de la estructura y del nivel de desempeño.	182

LISTA DE TABLAS

Costos de Operación del Tránsito Anual (Acayucan-Salina Cruz).
Costos de Operación del Tránsito Anual (Mazatlán-Tepic).
Sobrecostos de Operación Anual por kilómetro.
Resumen de partidas para la construcción de un tramo de la Carretera Durango-Mazatlán, en el estado de Sinaloa, México.
Red vial de la ciudad de Mazatlán.

Coefficientes de equivalencia estructural.
Clasificación vehicular.
Categorías de tránsito pesado.
Materiales utilizables en subrasantes.
Periodos de diseño en función del tipo de carretera.
Valores de “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales.
Valores recomendados del nivel de confianza.
Valores de Z_R .
Calificación otorgada a la vialidad por parte de los usuarios.
Índice de servicio terminal (P_t).
Valores recomendados del coeficiente de drenaje C_d para el diseño.
Relación entre costos para secciones robustas diseñadas para 30 años.
Relación entre costos para secciones débiles diseñadas para 30 años.
Diferencias entre relaciones.

Valores para el indicador D2.
Guía descriptiva para calificar la calidad funcional o de servicio del pavimento.
Puntos a deducir por conceptos de D2.
Puntos a deducir por conceptos de D3.
Puntos a deducir por conceptos de D4.
Puntos a deducir por conceptos de D5.
Inventario general de condición “nivel de servicio”.
Inventario general de condición “categoría de acción”.
Acciones de mantenimiento recomendadas para las vialidades de una ciudad.

INTRODUCCIÓN.

PROBLEMÁTICA.

La importancia de conservar en buen estado la infraestructura vial urbana de la ciudad de Mazatlán, para evitar su deterioro, es la necesidad que se tiene actualmente del transporte de un lugar a otro, tanto de personas como de materias primas y productos elaborados, que satisfagan las necesidades de sus habitantes.

La infraestructura de pavimentos, es básica para el desarrollo de cualquier ciudad, por lo que debe darse la importancia que merece; tanto a la planeación y construcción, como al mantenimiento. Sin embargo en la ciudad de Mazatlán, como en la mayoría de las ciudades de nuestra República Mexicana, la red vial se ha construido de acuerdo a las necesidades que el mismo crecimiento les va exigiendo, y con una planeación deficiente, dando soluciones que únicamente satisfacen los requerimientos a corto plazo; misma que a medida que el tiempo transcurre se vuelven insuficientes, traduciéndose en incrementos de costos tanto para los usuarios como para el mismo gobierno municipal, al realizar trabajos de mantenimiento o reforzamiento, considerando que éstos se efectúan en el área urbana donde por la concentración de habitantes y las obras que éstos requieren para satisfacer sus demandas, reducen los espacios y dificultan las labores para corregir las anomalías de los pavimentos.

Las deficiencias conciernen un poco a la parte constructiva, pero principalmente a la parte administrativa; la carencia de programas de mantenimiento y la falta de recursos económicos en el municipio, no han permitido tener una red vial que satisfaga las necesidades de una ciudad en vías de desarrollo como es la ciudad de Mazatlán.

La red vial de la ciudad de Mazatlán requiere de un mantenimiento constante, pero derivado de que actualmente el gobierno municipal esta más preocupado por la construcción de nuevas vialidades que ayuden a solucionar las necesidades actuales de crecimiento de la ciudad y en base al plan de gobierno, este no representa un activo de gran resultado para la política del gobierno,

normalmente no se proporciona, únicamente un mantenimiento ligero (rutinario) por parte del ayuntamiento y que consiste básicamente en un bacheo superficial, llevado a acabo de manera incorrecta.

Desde este punto de vista y con la problemática en la red vial de la ciudad de Mazatlán, motivan principalmente el desarrollo de esta investigación. La implementación de un sistema de administración de pavimentos, es con la finalidad de mejorar la infraestructura vial y de transporte urbano, un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y un crecimiento social para la ciudad de Mazatlán.

Con este sistema se busca implementar planes de conservación y mantenimiento para la red vial de la ciudad de Mazatlán y con ello ayudar a evitar respuestas de crisis en la Dirección de Obras Públicas del Ayuntamiento de la ciudad de Mazatlán. Se necesita proporcionar una manera bien estructurada y documentada para obtener el máximo rendimiento del dinero disponible para mejorar la infraestructura vial de la ciudad, por lo que al brindar comodidad, economía y seguridad a los usuarios que transitan por ellas a una velocidad razonable, justificará los recursos económicos que se destinen para este fin.

Normalmente se piensa en atender los efectos que pueden tener los procesos constructivos sobre la condición de la infraestructura vial, pero haciendo un análisis causa-efecto, se decidirá enfocarse a otras causas que originan la problemática que afectan a la red vial de la ciudad, como es la mejor administración y asignación de los recursos disponibles.

OBJETIVO GENERAL.

El objetivo fundamental de esta investigación, es la descripción de los elementos y actividades encaminadas a la generación e implementación de un sistema de administración de pavimentos urbanos aplicable a la red vial de la ciudad de Mazatlán, Sin., para poner en marcha de una forma fácil y simple, un mantenimiento ordenado y sistemático de los pavimentos existentes, con su

priorización detallada y con la participación intensa y coordinada entre todos los elementos involucrados.

Para lograr dicho objetivo, es necesario que el sistema de administración sea operativo, autosuficiente y que pueda ser utilizado a nivel local para uniformizar criterios en los trabajos de diseño, construcción, pero que también permita diagnosticar el estado actual de los pavimentos, pronosticar su evolución, y desarrollar un modelo de evaluación que permita comparar varias políticas de largo plazo para la conservación y mantenimiento de la red vial y determinar la política óptima para cada caso, en base a criterios técnico – económicos. Todo lo anteriormente mencionado bajo un enfoque sistémico y continuo.

Al desarrollarlo se espera contestar las siguientes preguntas:

¿Por qué se va a realizar la investigación?

Por que se ha comprobado que la vida útil de los pavimentos se puede prolongar a menor costo cuando se implementa un sistema de conservación a intervalos estratégicamente planeados. Se ha establecido que los tratamientos de pavimentos no deben realizarse al azar, sino que se deben aplicar estratégicamente y de acuerdo a un programa que fomente la administración efectiva de la red vial.

Entonces, al poner en marcha un sistema de administración de pavimentos en la ciudad de Mazatlán, se podrá contar con información hoy en día no disponible, que sea más exacta y accesible sobre el estado de la red vial de la ciudad, encaminada a la selección de las mejores estrategias de mantenimiento y sobre todo al uso más eficiente de los recursos disponibles por parte del gobierno municipal.

Además la ciudad contará con vialidades con niveles de servicio aceptables, que tengan una mayor capacidad de atención al tráfico y las cargas que circulen por ellos, así como mayor durabilidad, lo que permitirá que los costos de operación vehicular disminuyan en beneficio de los usuarios y sobre todo de la economía de la ciudad.

¿Para qué?

Para conocer las características de un sistema de administración de pavimentos urbanos, así como los requerimientos y acciones necesarias para llevar a cabo su implementación, de tal forma que se aprovechen al máximo los recursos que actualmente se destinan a este fin y se beneficie a un mayor número de usuarios de las vialidades. Además para proporcionar a los usuarios pavimentos de mayor seguridad, con las menores costo de operación, molestias e interrupciones por la frecuencia de reconstrucciones.

¿Para quién?

Este trabajo está dirigido a todas las personas interesadas sobre el tema, pero especialmente a los funcionarios públicos y técnicos responsables de los trabajos de diseño, construcción, rehabilitación y mantenimiento de los pavimentos e infraestructura vial complementaria de la ciudad de Mazatlán, esperando que con la divulgación de lo desarrollado en este documento se logre ayudar a eficientar la vida útil del sistema vial.

¿Cómo?

Con la implementación de un sistema de administración de pavimentos propuesto por esta investigación, se persigue como fin último una mejor administración y asignación de los recursos disponibles. Para poder llevar a cabo lo antes mencionado, se debe contar con un plan adecuado para manejar los recursos disponibles de la mejor manera, atendiendo no sólo las necesidades técnicas y económicas sino también las sociales y políticas, es por eso que las personas que administran los recursos de las dependencias encargadas del mantenimiento de la infraestructura vial deben tener los medios adecuados y los conocimientos necesarios para lograr cumplir de la mejor manera con el objetivo. Por ello se plantea al pensar en un sistema de administración de pavimentos en un sistema que contemple todos los factores que intervienen en la selección y operación adecuada del mantenimiento de una red vial.

ALCANCES.

- ❖ Tipo de investigación: se concebirá de carácter descriptiva¹-propositiva².
- ❖ Se enfoca a la formación de una visión estratégica sobre la naturaleza del problema y de las formas para mejorarlo.
- ❖ Se plantean contribuciones para mitigar la problemática y sus consecuencias en la misma; logrando que el gobierno municipal de la ciudad de Mazatlán garantice la adecuada conservación de las vialidades, permitiendo que los costos de operación vehicular disminuyan en beneficio de los usuarios y de la economía de la ciudad.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Los pavimentos tienen que sostener una operación y ésta representa, si se toman en cuenta todos los costos involucrados, valores económicos muy superiores a lo que costó construir y conservar las cosas. Construidos los pavimentos, para circunscribir este trabajo a su tema central, deben conservarse y operar para cumplir sus fines de propiciar un óptimo transporte. Conservarse, no quiere decir tenerlos siempre flamantes como el día de su estreno, conservar un pavimento, quiere decir mantenerlo durante su vida útil en la misma calidad de servicio, haciendo frente a una demanda sin duda creciente y muy frecuentemente, grandemente creciente. Este hecho, puede y debe ser previsto en el proyecto inicial.

Debido a que en la ciudad de Mazatlán, aún no se cuenta con las herramientas que pueden ayudar a predecir con precisión el tiempo correcto de aplicación de los tratamientos adecuados de conservación. A menudo, debido a los presupuestos limitados, nos vemos forzados a no tomar ninguna acción, lo cual incrementa el deterioro del pavimento. Lo que si conocemos es el

¹ Tipo de investigación en la que se utiliza principalmente el método de análisis, es decir, se descompone el objeto que se va a estudiar en sus distintos aspectos o elementos, para llegar a un conocimiento más especializado. Se realiza una exposición de hechos e ideas, explicando las diversas partes, cualidades o consecuencias.

² Tipo de investigación en la que el investigador realiza un análisis crítico de algún tema, para evaluar sus fallas y por último proponer cambios concretos.

progreso de las fallas de pavimentos, conocemos cuáles son y sabemos cuándo es demasiado tarde para la aplicación de tratamientos de mantenimiento preventivo.

Contando con un programa de conservación de pavimentos bien estructurado se ahorra dinero a largo plazo y este servicio es siempre bien recibido por los usuarios, quienes como contribuyentes de impuestos proveen los fondos monetarios a las entidades gubernamentales.

Además, entre los beneficios derivados de tener un proceso estructurado de administración de pavimentos están el uso adecuado de los recursos disponibles y una mayor habilidad para justificar y asegurar un mayor financiamiento para las actividades de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos para la ciudad de Mazatlán.

Dicho de otra manera, el sistema para la administración de la red vial propone hacer uso efectivo de recursos económicos limitados, al identificar correctamente las fallas de los pavimentos a ser tratados, empleando tratamientos correctos en el tiempo correcto y por la selección del pavimento correcto. Claro esta que esta consigna implica mayores investigaciones y conocimientos del desempeño de los pavimentos.

Cabe señalar que en la ciudad de Mazatlán no contamos con la suficiente experiencia sobre programas de conservación y mantenimiento vial urbano, y al tener la oportunidad de obtener información tanto del Programa de Asistencia Técnica de la SEDESOL en el ámbito de vialidad y transporte y la experiencia que la Dirección General de Infraestructura y Equipamiento han llevado a cabo en algunas ciudades medias del país; así como de la misma Secretaría de Comunicaciones y Transporte, que han implantado este tipo de sistema con la red federal carreteras, nos ofrece la posibilidad de recopilar esta información para aplicarla a nivel local con la red vial de la ciudad de Mazatlán y ponerla a disposición de las personas interesadas o que participan en la planeación del mantenimiento vial urbano en la ciudad

Los responsables de administrar la infraestructura de la ciudad de Mazatlán deben mirar hacia el futuro, y de vital importancia será contar con vialidades cómodas, seguras y durables que contribuyan al progreso social.

HIPÓTESIS.

Con la implementación de los procesos y la aplicación y seguimiento de los procedimientos de un sistema de administración de pavimentos, la red vial contará con una conservación y mantenimiento que le permitirá operar en condiciones de servicio aceptable y de una manera más funcional y ordenada, todo en beneficio de los usuarios y del desarrollo de la misma ciudad de Mazatlán.

ESTRUCTURA GENERAL DEL TRABAJO.

La aportación global de esta investigación se resume en forma sintética en el contenido de los capítulos que lo integran.

En el primer capítulo se presentan las generalidades de la investigación referentes a los pavimentos y su desarrollo a lo largo del tiempo, la clasificación de los pavimentos, sus características más importantes y un análisis comparativo de estos; definiendo los conceptos más importantes de un sistema de administración de pavimentos; así como conociendo como está integrada la red vial urbana de la ciudad de Mazatlán, sus características, así como la forma actual de administrar la red vial por parte del gobierno municipal.

Para el segundo capítulo se describen los métodos usuales de diseño de pavimentos, esto para conocer los criterios de diseño que utilizan cada uno de los métodos, lo que ayudará a comprender con detalle el funcionamiento estructural de los pavimentos y tener un conocimiento más amplio para poder proponer las mejores alternativas de diseño de este tipo de estructuras.

Una vez que se conocen los métodos de diseño de pavimentos, en el tercer capítulo se describen los procedimientos para llevar a cabo periódicamente la evaluación de la condición global de los

pavimentos de una manera expedita y objetiva, mediante la elaboración de un inventario general de condiciones, que auxilie a los responsables de la conservación vial en la ciudad de Mazatlán a documentar la condición de los pavimentos que componen la red vial; todo enfocado a las necesidades de planeación de las actividades de mantenimiento/rehabilitación.

En el cuarto capítulo se presenta un catálogo destinado a facilitar y uniformar criterios para la identificación y recolección de información relacionada con los deterioros de pavimentos, con una orientación fundamentalmente a las labores de mantenimiento vial; así como un análisis de las técnicas para la conservación y mantenimiento de pavimentos, que pueden ser aplicadas de manera que respondan a las condiciones y requerimientos de la red vial de la ciudad de Mazatlán. Se aborda lo concerniente a carpetas delgadas (Whitetopping) como tratamiento superficial, esto debido a la tendencia que se ha seguido en los últimos años en algunas de las ciudades más importante del país y otras parte del mundo, por lo que resulta una de las técnicas más conveniente por aplicar en la ciudad de Mazatlán, debido a las características que presentan la red vial.

En el quinto capítulo se describen los procedimientos y acciones a realizar para implementar un sistema de administración de pavimentos para la red vial principal de la ciudad de Mazatlán y su implantación, recomendándose que en un principio se lleve a cabo, como ya se mencionó, en la red vial principal; que es en ésta en donde más se impacta a la circulación de vehículos y, una vez instrumentado, proceder a estudiar el resto de la red vial.

El sexto capítulo describe el proceso requerido, los fundamentos, metodología y principios elementales para la implementación de un Programa de Desarrollo Institucional y Asistencia Técnica para mejorar la habilidad de la organización municipal en el uso efectivo de sus propios recursos, con lo cual se puede coadyuvar a la implementación del sistema de administración propuesto en la investigación.

Finalmente se presentarán las recomendaciones, tratando de que esta información sirva de la mejor manera posible para llevar a cabo la implementación del sistema de administración de pavimentos para la red vial de la ciudad de Mazatlán, Sin., en la que se aplican los conceptos teóricos enumerados en este trabajo de investigación, de ahí su importancia.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1. GENERALIDADES.

1.1 INTRODUCCIÓN.

Los recursos que el país ha invertido en la construcción de infraestructura han sido, a lo largo del tiempo, de tal magnitud que conviene reflexionar sobre la conservación de ese patrimonio que tanto costó. En muchos casos esta infraestructura ya reportó los beneficios esperados, pero sigue siendo un vector importante del desarrollo; en otros casos se encuentra en vías de lograrlo; lo cierto es que ambos casos deberán ser atendidos por actividades de conservación que prolonguen o mantengan su vida de servicio con calidad.

Para esto se requieren programas de inversión que distraen las asignaciones de los limitados recursos para promover la construcción de nuevas infraestructuras. Un país que está en vías de desarrollo, está en medio de un proceso en el que se encuentra con la disyuntiva de invertir para conservar y preservar lo existente o bien, destinar sus recursos para construir la infraestructura con miras a procurar otro nivel superior de desarrollo. El problema pudiera resolverse de forma inteligente, combinando los recursos existentes para buscar la efectividad y eficiencia de los

planes de desarrollo. Sin embargo, esta intención encuentra otros intereses ajenos al objetivo primordial, y que influyen, con mucho peso, en la toma de decisiones sobre los programas de inversión. Estos intereses tienen que ver con los enfoques de los diferentes miembros de la sociedad, dentro de los cuales se encuentran los gobernantes, los políticos y los propios técnicos del sector. A un gobernante le interesa invertir a corto plazo construyendo más infraestructura, porque le da mayor rentabilidad ante la sociedad; un legislador, que en principio busca el bien de la sociedad como los demás, quiere imponer su propia forma de hacer las cosas por filosofía, principios o doctrinas de partido; los técnicos del sector prefieren construir y ser creadores de algo nuevo, que conservar lo existente; mientras que la sociedad espera ver resultados que se reflejen en una mayor calidad de vida.

Este problema ha encontrado soluciones en muchos países mediante formas de trabajo que ayudan a la toma de decisiones con una filosofía de crecimiento sustentable y que al ser objetivas ayudarán al cambio de mentalidad por otras que convengan a todos, con miras a la mejor administración de los recursos y mejoramiento de la calidad de vida. Estas formas de trabajo se refieren al denominado “Sistema de Administración de Pavimentos”, que es estudiado y aplicado con buenos resultados.

Objetivo capitular

Presentar los conceptos básicos, los elementos más importantes y los costos asociados a la tecnología de los pavimentos; así como describir los principios generales más importantes de los sistemas de administración de pavimentos y, por último, describir la situación en la que se encuentra la red vial urbana de la ciudad de Mazatlán y la forma actual de administración del gobierno municipal, lo que nos permitirá una mayor comprensión de los temas posteriores de esta investigación.

1.2 PAVIMENTOS.

Las obras viales o vías de comunicación (calles y carreteras, aeropistas y vías férreas) son formadas básicamente por dos elementos: las terracerías y el pavimento. De los cuales las terracerías son el conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial, ejecutados hasta la subrasante.

Los pavimentos urbanos, estructuralmente, no difieren respecto a los pavimentos carreteros; sin embargo las variables que intervienen en su diseño resultan de compleja obtención como lo es el volumen de tránsito esperado y su tasa de crecimiento.

Regularmente, en los pavimentos urbanos la capa de rodamiento es construida con carpeta de concreto asfáltico, mortero asfáltico o emulsión, sin embargo en ciudades del occidente y norte del país, como en Guadalajara o Mazatlán por ejemplo, es común el uso de losas de concreto hidráulico o de adoquín.

1.2.1 Definición.

Para definir lo que es un pavimento y comprender su funcionamiento estructural, se toma lo establecido en las Normas de Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes donde se señala:

... Es la capa o conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento y cuya función principal es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en ellas.¹

Por consiguiente, el pavimento tiene las siguientes funciones:

- a) Proporcionar una superficie de rodamiento seguro, cómodo y de características permanentes ante las cargas del tránsito a lo largo del tiempo, vida de diseño, o ciclo de vida. Durante este periodo debe haber tan sólo algunas acciones esporádicas de conservación o mantenimiento locales, de poca magnitud en importancia y costo.
- b) Resistir las solicitaciones del tránsito previsto durante la vida de diseño, y distribuir las presiones verticales ejercidas por las cargas, de tal forma que sólo llegue a la capa subrasante una pequeña fracción compatible con su capacidad de resistencia. Las deformaciones recuperables que se produzcan tanto en la subrasante como en las diferentes capas del pavimento, deberán ser admisibles sin dejar de tomar en cuenta la repetición de cargas y la resistencia a la fatiga de los materiales.

¹ Libro 3.01.03 Pavimentos, "Normas para Construcción e Instalaciones. Carreteras y Aeropistas", SCT, México, 1983, pág. 2.

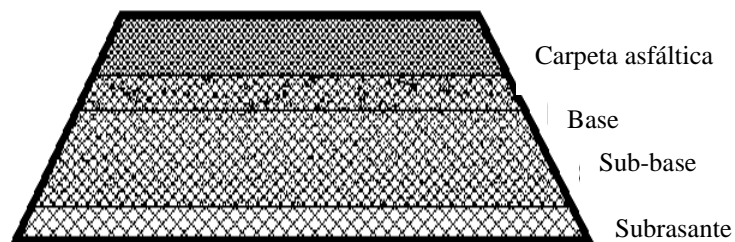
c) Construir una estructura que resista los factores climatológicos, como son temperatura y agua, por ser los más adversos en el comportamiento del pavimento y de los suelos de cimentación.

1.2.2 Tipos de pavimentos.

Dependiendo de la estructura del pavimento estos se pueden clasificar en cuatro tipos, a saber: pavimentos flexibles, pavimentos rígidos, pavimentos compuestos y especiales.

a) Pavimento flexible

Pavimentos formados, como se puede observar en la figura 1.1, por una sub-base y/o base hidráulica o estabilizada, y una superficie de rodamiento, que puede ser: una carpeta de riegos; una carpeta de mezcla asfáltica elaborada en frío o en el lugar, o de mezcla en caliente elaborada en planta, también llamadas de concreto asfáltico, pudiendo tener incluso además un riego de sello aplicado sobre la superficie de la carpeta.



Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT, 2001. "Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento: I pavimentos flexibles". Publicación técnica No. 163. Sanfandila, Qro., pág. 4.

Figura 1.1 Sección típica de un pavimento flexible.

Esta serie de capas inicialmente estaban constituidas por materiales con una resistencia a la deformación decreciente conforme la profundidad, de modo análogo a la disminución de las presiones transmitidas desde la superficie. El aumento de las intensidades y número de aplicaciones de cargas, llevo a los denominados pavimentos rígidos, con capas tratadas o estabilizadas con cemento, o con un espesor muy importante de mezclas asfálticas como las denominadas "full depth", con espesores del orden de 30 cm. Estos pavimentos suelen incluirse en el grupo de los flexibles, debido a que tienen un pavimento asfáltico análogo, pero su

comportamiento es muy diferente con capas inferiores de igual o mayor rigidez que las superiores, como en el caso de los pavimentos de sección invertida.

b) Pavimento rígido

Se tienen referencias de que la primera franja de pavimento de concreto hidráulico fue construido completamente en el año 1893², desde entonces, el concreto ha sido utilizado extensamente para pavimentar carreteras y aeropuertos así como calles de zonas residenciales y comerciales.

Como se observa en la figura 1.2, el pavimento rígido típicamente está formado por una base hidráulica o una sub-base y una losa de concreto hidráulico, pudiendo tener o no un refuerzo de acero, en cuyo caso, normalmente se utiliza la malla electro soldada.

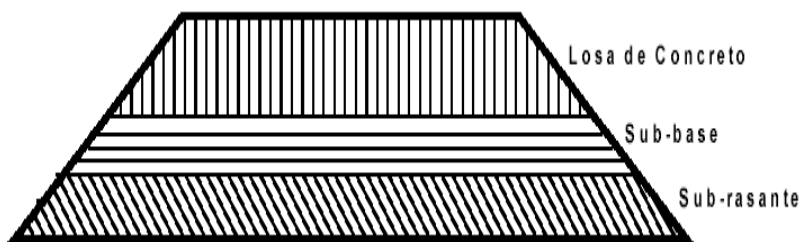


Figura 1.2 Sección transversal típica de un pavimento rígido.

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT. 2001. "Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento: Il pavimentos rígidos". Publicación técnica No. 173. Sanfandila, Qro., pág. 6.

Los pavimentos rígidos constan de una losa de concreto hidráulico. Por su mayor rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas, salvo en bordes de losas y juntas sin pasajuntas, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables. La losa se apoyará en la capa subrasante, si ésta es de buena calidad y el tránsito es ligero, o bien, sobre una capa de material seleccionado, llamada sub-base. Esta capa no tiene funciones estructurales, utilizándose como una superficie de apoyo, capa drenante, plataforma de trabajo, etc. y formada por materiales granulares o bien estabilizada con cemento Portland, o inclusive concreto pobre.

² Página de *Portland Cement Association*, www.portcement.org, 01-feb-2007.

c) Pavimentos compuestos

Este tipo de pavimento constan de una losa de concreto hidráulico, sobre la cual se tiende y compacta una sobre carpeta de concreto asfáltico, la cual servirá como superficie de rodamiento por la cual circularán vehículos a altas velocidades, siendo la losa el elemento estructural principal. Reúne las ventajas y desventajas de ambos tipos de pavimentos, si bien, aún cuando la carpeta asfáltica puede estar a salvo del fenómeno de la fatiga, su vida útil es corta en comparación con la losa de concreto, requiriendo una conservación similar a la de un pavimento flexible. Otro problema lo constituyen la flexión de la juntas y eventualmente de las grietas de las losas de concreto, aspecto que debe tenerse en cuenta para su diseño.

d) Pavimentos especiales

Son los pavimentos construidos con adoquín de cemento o de piedra debidamente acomodada. A continuación se describen algunas de sus características:

- ❖ Adoquines. Existen varios tipos, como el adoquín fabricado macizo, el hueco o el de piedra labrada. Como los empedrados se utilizan en zonas residenciales, turísticas, históricas, etc., con grandes ventajas. Requieren también de una conservación mínima, son poco ruidosos y permiten velocidades de circulación razonables. Su utilización se ha extendido inclusive a patios de maniobras, plataformas, etc., para vehículos pesados y circulación lenta, además en estacionamientos donde se está utilizando adoquín hueco, permite el crecimiento de pasto en su interior, así como la infiltración de agua al subsuelo, cumpliendo una función ecológica.
- ❖ Empedrados: Utilizados tanto en poblaciones pequeñas como solución tradicional, o en zonas residenciales, turísticas, o históricas, etc. Son duraderos y guardan armonía con los contextos urbanos, aunque producen ruidos y deben circularse a bajas velocidades. Requieren una conservación mínima.

1.2.3 Costos asociados a la tecnología de pavimentos.

Como todas las estructuras, un pavimento representa un balance entre la satisfacción de requisitos de resistencia y estabilidad en general, por un lado y el costo, por otro. Un diseño correcto será el que llegue a satisfacer los necesarios requerimientos del servicio a costo mínimo. Naturalmente

que para lograr el equilibrio podrán seguirse una gran cantidad de posibles líneas de conducta y de aquí emana uno de los aspectos de diseño más inciertos y de los que demandan mayor criterio; de hecho la primera disyuntiva se tiene al elegir el tipo de pavimento a emplear en cada caso, como se observa en la figura 1.3. Desde el año de 1870 la ciudad de Londres aplica el concepto de **análisis del costo de vida** de un camino para seleccionar la alternativa más favorable en la construcción del mismo. A la fecha existen diversos modelos que aplican este concepto.

Diferencial de comportamiento entre los pavimentos de concreto hidráulico y los asfálticos.

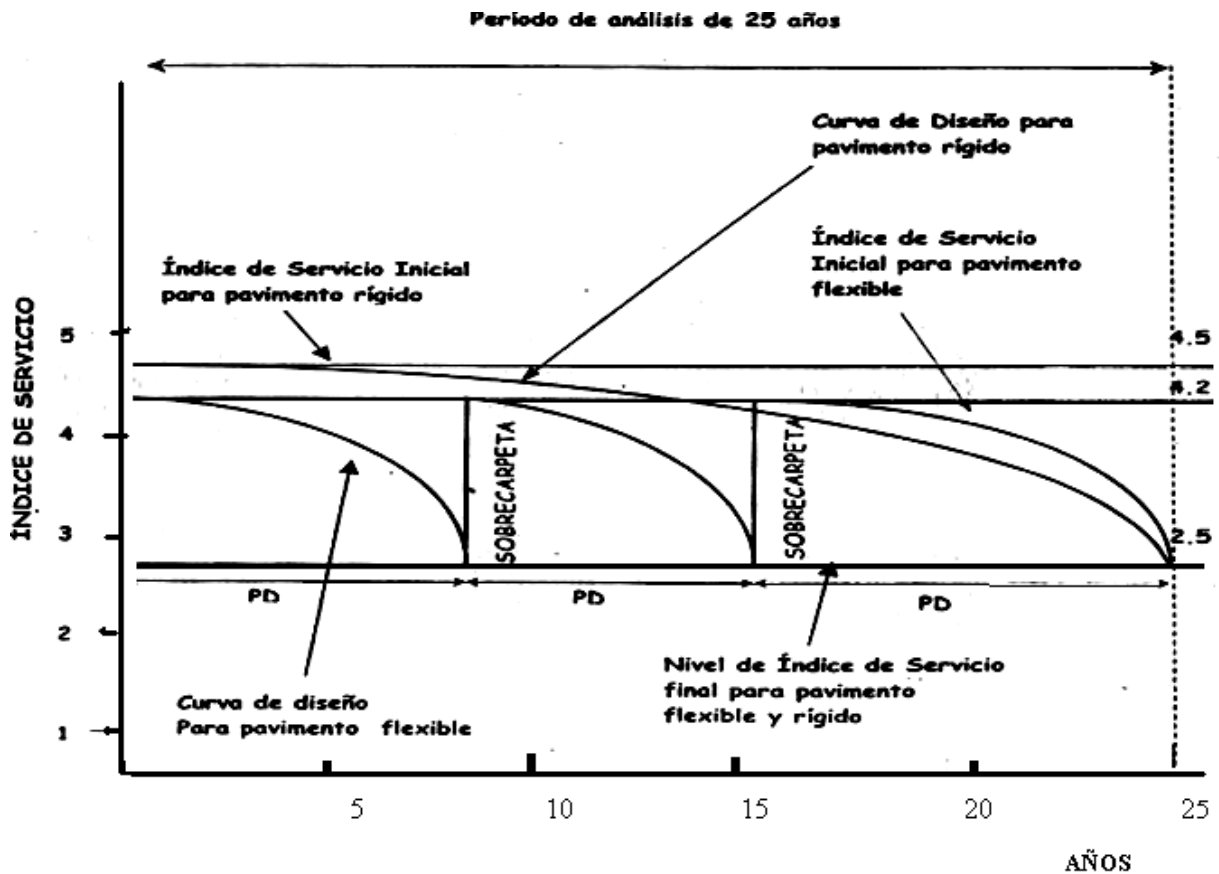


Figura 1.3 Gráfica del ciclo de vida de un pavimento.

El concepto del costo del ciclo de vida involucra todos los **costos de una carretera a lo largo de su ciclo de vida**, cuyos componentes son:

a) Costos de operación: Es lo que le cuesta al usuario (es decir al transportista, al turista, al viajero en general), transportarse por una carretera durante el lapso de su vida útil. Dicho costo se calcula como la suma de los productos de los diferentes consumos del vehículo en un kilómetro de recorrido, por sus respectivos costos unitarios. Esto incluye costos de combustible, lubricantes, refacciones y reparación de vehículos por daños incurridos al transitar por ella, costos de los tiempos perdidos con motivos de reparación o cierre parcial de la carretera, etc. Se considera que el costo de operación de una carretera a lo largo de su vida útil es más de mil veces superior a su costo inicial de construcción.

Para el cálculo de los costos de operación habrá que tomar en cuenta los indicadores de estado superficial del pavimento como son:

Índice de Servicio (IS): Correspondiente a la valuación de la comodidad del viaje en una escala de 0 a 5, en auto en buenas condiciones de suspensión y alineación, circulando a velocidad normal de operación.

Índice Internacional de Rugosidad (IRI): Se define como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera entre la longitud del mismo y su unidad de medida es m/km, por lo cual es una medida extendida como las deformaciones verticales de la superficie del camino con respecto a la superficie plana, misma que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de viaje, las cargas dinámicas y el drenaje superficial del camino.

A partir de estos datos el Instituto Mexicano del Transporte decidió utilizar su metodología en la información aplicándola a un programa de cómputo, con lo cual se obtienen gráficas que relacionan diferentes tipos de vehículos, los índices antes mencionados y a partir de estos se obtienen las velocidades de operación, así como también factores del costo de operación base, para diferentes pendientes y curvaturas representativas de un tipo de terreno. Para tener una idea más clara del significado de estos costos, a continuación se presenta un ejemplo de aplicación para dos tramos de carretera, en la Red Carretera Federal.

Ejemplo de aplicación.**Efectos del deterioro de las carreteras en los costos de operación vehicular.**

Considérense los tramos Acayucan-Salina Cruz y Mazatlán-Tepic de la red carretera nacional, con los volúmenes de tránsito y composiciones aforados en 2001, en las estaciones que se indican:

Tramo	TDPA	A	B	C	Estación
Acayucan-Salina Cruz	4,639	68 %	8 %	24 %	Palomares
Mazatlán-Tepic	7,805	70 %	6 %	24 %	Acaponeta

En ambos casos la topografía que atraviesan los caminos es sensiblemente plana. Supóngase ahora que, en tres momentos diferentes, el estado superficial de los tramos corresponde a los Índices de Servicio (IS) e Internacional de Rugosidad (IRI) siguientes:

Estado superficial	IS	IRI
Muy bueno	4.30	2.0
Regular	3.44	4.0
Malo	2.58	6.0

Los **costos de operación anuales por kilómetro** en cada tramo se calculan, para cada tipo de vehículo, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$COA = Fb \times CB \times TDPA \times 365$$

Donde:

COA: es el costo de operación anual por kilómetro para todos los vehículos de un mismo tipo.

Fb: es el Factor del Costo de Operación Base que se lee de las gráficas para el tipo de vehículo, tipo de terreno y estado superficial deseado.

CB: es el Costo de Operación Base del vehículo.

TDPA: es el Tránsito Diario Promedio Anual.

365: corresponde al número de días en el año.

En la tabla 1.1 se muestran los **costos por kilómetro** que asumen los propietarios de todos los vehículos que se supone transitan **durante un año** en el tramo Acayucan-Salina Cruz, con base en el TDPA (4,639 vehículos) y su composición mostradas. Cuando el camino está en muy buenas condiciones, los costos anuales de los usuarios por kilómetro recorrido son del orden de 5.8 millones de pesos, medio millón de pesos más si el estado es regular y casi seiscientos mil pesos adicionales, si el estado es malo.

Hay que destacar que los sobrecostos por kilómetro son considerables para realizar una acción de conservación eficaz con vida útil de varios años.

Tabla 1.1.
Acayucan-Salina Cruz
Costos de Operación del Tránsito Anual
(millones de pesos/km)

Tipo de Vehículo	Estado Superficial		
	Muy bueno	Regular	Malo
Vehículo ligero	2.637	2.786	2.994
Autobús foráneo	0.983	1.035	1.093
Camión de dos ejes	1.195	1.393	1.588
Camión articulado	0.932	1.030	1.135
Tránsito Anual	5.747	6.244	6.810

Para el caso Mazatlán-Tepic, considerando el TDPA (7,805 vehículos) y la composición mostrada anteriormente, los **costos de operación por kilómetro** de todos los vehículos que se supone circulan **en un año**, son los que aparecen en la tabla 1.2. Casi 9.4 millones de pesos cuando el camino está en muy buen estado, ochocientos mil pesos más por kilómetro si la superficie guarda un estado regular y novecientos mil pesos por kilómetro, adicionales a lo anterior, cuando el estado superficial de la carretera es malo. En este caso, también los sobrecostos cubren, sin duda, el costo de una conservación eficaz diseñada para un periodo prolongado.

Como puede observarse, los sobrecostos de operación son de casi el doble en el tramo Mazatlán-Tepic con respecto al de Acayucan-Salina Cruz (tabla 1.3) son debidos a casi el doble del tránsito anual de este último y a una mayor presencia absoluta de camiones, aún cuando su composición vehicular es prácticamente igual en términos porcentuales.

Tabla 1.2.
Mazatlán-Tepic
Costos de Operación del Tránsito Anual
(millones de pesos/km)

Tipo de Vehículo	Estado Superficial		
	Muy bueno	Regular	Malo
Vehículo ligero	4.567	4.826	5.185
Autobús foráneo	1.241	1.306	1.379
Camión de dos ejes	2.010	2.343	2.672
Camión articulado	1.567	1.733	1.909
Tránsito Anual	9.385	10.208	11.145

Tabla 1.3.
Sobrecostos de Operación Anual por kilómetro
 (millones de pesos y porcentaje)

Tramo	Muy bueno-Regular		Regular-Malo	
	\$	%	\$	%
Acayucan-Salina Cruz	0.497	8.65	0.566	9.06
Mazatlán-Tepic	0.823	8.77	0.937	9.18

Para tener una idea aproximada del sobrecosto que tiene un camino en malas condiciones respecto a otro que está en buenas condiciones se dirá que, un tramo supuesto de 100 km del camino Acayucan-Salina Cruz, cuesta ciento seis millones de pesos adicionales cada año sobre el costo de operación normal. En el camino Mazatlán-Tepic, un tramo de la misma longitud en mal estado, representaría para el país un sobrecosto de operación del orden de ciento setenta y seis millones de pesos anuales.

El pavimento tiene que sostener una operación y ésta representa, si se toman en cuenta todos los costos involucrados, valores económicos muy superiores a lo que costó construir y conservar las cosas. Si la construcción de una carretera en México vale 1, la conservación, en su sentido correcto, puede costar 10 ó 12, considerando un periodo de utilización de 40 ó 50 años (y se está viendo que las carreteras duran mucho más), pero la operación, es decir, los costos vehiculares directos en que incurre el transporte tanto de carga como de mercancías que circulan sobre los pavimentos, puede representar en el mismo periodo algo comprendido entre 200, 400 o aún más, según el nivel de ocupación.

Análogamente y según los mismos estudios, si el estado superficial de un pavimento pasa de lo que se considerara un estado “óptimo” a otro calificado de “bueno”, el costo de operación por kilómetro recorrido, puede aumentar de un 15 a un 20 % y, si el estado superficial llegara a “malo”, este factor de incremento podría ser de 35 ó 40 %. Todo lo anterior nos sirve como referencia para tener un concepto más claro de lo que representan los costos de operación de los caminos en la economía de los usuarios y de un país.

b) Costos de mantenimiento: Que refleja todos los gastos incurridos por el responsable del buen funcionamiento de la carretera (gobierno o concesionario), para lograr que ésta mantenga adecuados índices de transitabilidad a lo largo de su vida útil o de la duración de la concesión. Esta es particularmente importante en las carreteras de cuota, para lograr que el usuario las prefiera. Se considera que el costo de mantenimiento de una carretera a lo largo de su vida útil es de más de diez veces superior a su costo inicial de construcción, como ejemplo de lo anteriormente expuesto se presenta la figura 1.4 que muestra los costos de operación vehicular por cada condición de superficie, ante una actitud de inferencia respecto al mantenimiento de un pavimento

El mantenimiento adecuado de la red de caminos es entendido por las administraciones públicas responsables de ello como una labor esencial dentro de sus tareas. En primer lugar, al igual que para cualquier otra infraestructura, el mantenimiento es imprescindible para evitar la pérdida de la inversión realizada. Por otra parte, en el caso de las carreteras, las cantidades invertidas en conservación son recuperadas, multiplicadas, a través de la disminución de los costos de operación vehicular. Además, una adecuada conservación facilita la vialidad y mejora la seguridad.

Todo ello hace necesario concienciar a las diversas agrupaciones sociales para que se preste a esta labor toda la atención y recursos necesarios, garantizando así que las carreteras y vialidades cumplan adecuadamente su papel en el desarrollo de la economía de una ciudad y del país. Sin embargo, es un hecho que los recursos dedicados al mantenimiento de la red están en casi todos los países por debajo de los niveles que se podrían considerar como óptimos y, en muchos, por debajo incluso de los mínimos necesarios.

c) Costos de construcción inicial: Representa los gastos incurridos para la ejecución de la obra, incluyendo diseño, indemnizaciones por derecho de vía, construcción total, barreras protectoras, señalamiento e iluminación, etc. Analizando con todo rigor, se demuestra que el costo de la estructura del pavimento en sí es sólo una parte muy pequeña, tal vez inferior al 15 % del costo inicial, pero que su adecuado diseño para el volumen de tránsito y las cargas esperadas, y para su

vida útil, repercute en forma importante no solo en el resto del costo inicial, sino muy significativamente en el costo de mantenimiento y en el costo de operación de la carretera.

NO ES MAS BARATO DIFERIR EL MANTENIMIENTO

COSTO DE OPERACION VEHICULAR POR CADA CONDICIÓN DE SUPERFICIE \$/KM

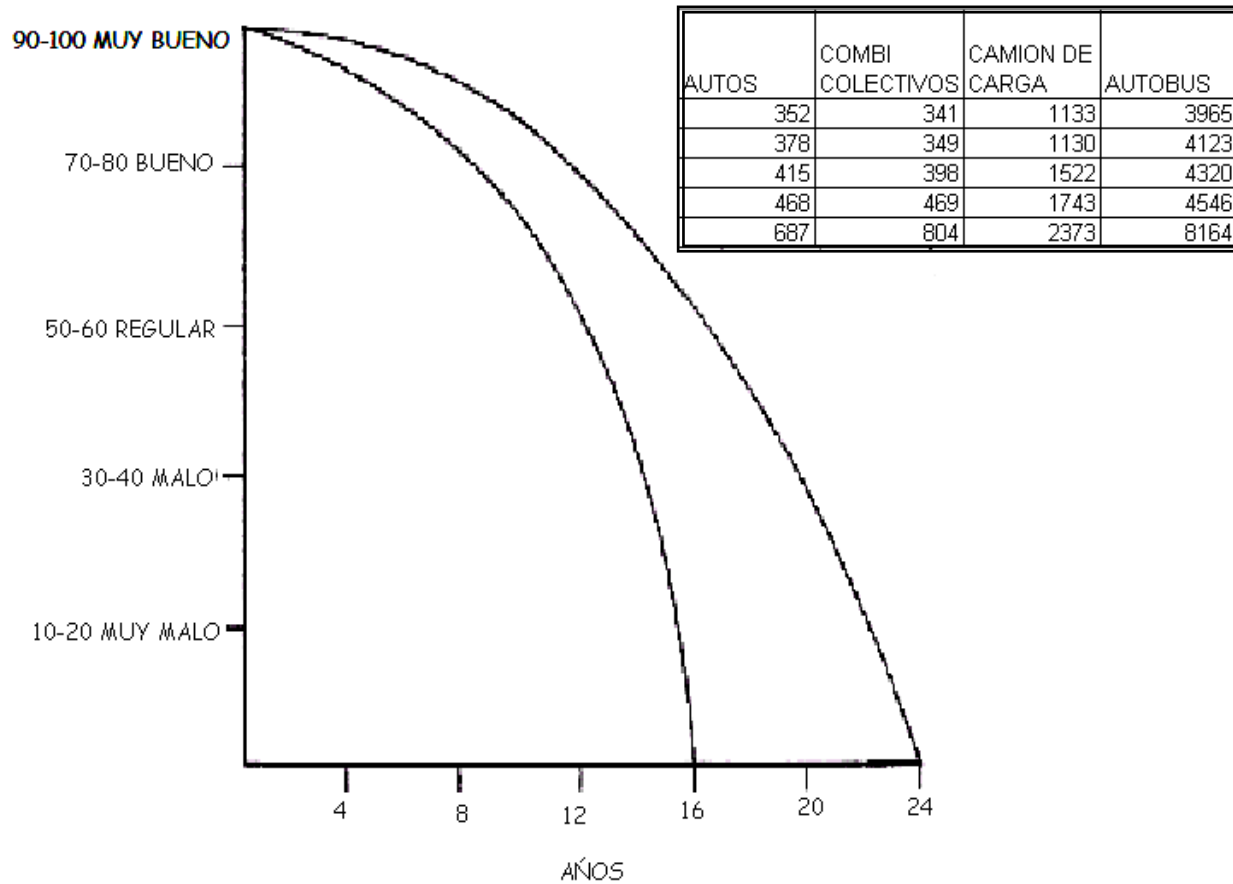


Figura 1.4 Costos de operación vehicular por cada condición de superficie.

Para ilustrar mejor lo antes mencionado, en la tabla 1.4, como un ejemplo, se presentan los costos de construcción inicial de un tramo en la Carretera Durango-Mazatlán, en el estado de Sinaloa, México.

CATÁLOGO DE CONCEPTOS PARA PRECIOS UNITARIOS E IMPORTE TOTAL DE LA PROPUESTA			
Descripción	P. Unitario con letra	Importe	%
Terracerías 3.01.01	(Setenta y un millones setenta y nueve mil novecientos cincuenta y dos pesos 56/100 m.n.)	71,079,952.56	62.13604
Obras de drenaje 3.01.02	(Nueve millones setecientos veintiocho mil seiscientos cuarenta y nueve pesos 16/100 m.n.)	9,728,649.16	8.50450
Trabajos diversos	(Diecisiete millones trescientos cuarenta y nueve mil ochocientos cincuenta y nueve pesos 84/100 m.n.)	17,349,859.84	15.16675
Pavimentos 04	(Once millones quinientos once mil setecientos noventa y siete pesos 66/100 m.n.)	11,511,797.66	10.06328
Señalamiento	(Dos millones cuatrocientos sesenta y seis mil novecientos ocho pesos 58/100 m.n.)	2,466,908.58	2.15650
Obras marginales	(Dos millones doscientos cincuenta y seis mil novecientos nueve pesos 40/100 m.n.)	2,256,909.40	1.97293
	Importe esta Hoja	114,394,077.20	
(Ciento catorce millones trescientos noventa y cuatro mil setenta y siete pesos 20/100 m.n.)	Importe acumulado	114,394,077.20	100.00000%
(Diecisiete millones ciento cincuenta y nueve mil ciento once pesos 58/100 m.n.)	Importe de i.v.a. 15%	17,159,111.58	
(Ciento treinta y un millones quinientos cincuenta y tres mil ciento ochenta y ocho pesos 78/100 m.n.)	Importe total	131,553,188.78	

Fuente: Dirección General de Carreteras Federales. Centro SCT, Sinaloa, 2005.

Tabla 1.4 Resumen de partidas para la construcción de un tramo de la Carretera Durango-Mazatlán, en el Estado de Sinaloa, México.

Como se puede apreciar en la tabla 1.4 el costo de la estructura del pavimento para la construcción de este tramo carretero en sí, es sólo una parte muy pequeña, en este caso inferior al 11 % del costo inicial de construcción de la carretera.

Es por eso, que el costo de construcción inicial de una carretera debe ser visto como parte del costo total del proyecto. Su importancia es relativa si consideramos los datos del Banco Mundial, en los que se establecen que en un camino por el que circulan más de 50 vehículos diarios, los costos de operación serán mayores que la suma de los costos de construcción inicial y de conservación durante su vida útil.

Es claro que nadie es partidario de gastar el presupuesto en números mayores que lo necesario en cada caso, pero el gasto necesario raramente coincide con la mínima inversión inicial. Suele ser mayor, por tener que tomar en cuenta otros factores. De esta manera, el criterio del costo inicial

mínimo ha llevado a México y a muchos países a infraestructuras deficientes en muchos casos; no preparadas para un futuro uso y crecimiento y, a veces, con un funcionamiento defectuoso en lo construido con alto costo y gran sacrificio.

1.2.4 Algunos aspectos comparativos entre los pavimentos flexibles y rígidos.

Se presentan algunas reflexiones sobre el uso de los pavimentos asfálticos y de los pavimentos rígidos, con la finalidad de proporcionar criterios que permitan optar por uno u otro en los proyectos viales. El punto de vista que sirve de partida a estas reflexiones es que ambas modalidades pueden resolver satisfactoriamente los requerimientos de una vialidad o carretera que se construya en el México actual, con tal de que cualquiera de las dos modalidades se proyecte o se realice convenientemente. De esta manera, los criterios diferenciales entre las dos alternativas tendrán que caer necesariamente en una de las dos vertientes como son: **la económica**, la cual se refiere al costo inicial de cada alternativa, al costo de conservación de la misma en un determinado ciclo de vida y al costo de operación de los vehículos que transiten por el pavimento considerado; y **la funcional**, entendiéndose por tal, la desventaja o inconveniente que se tenga por las dificultades de tránsito que emanen de acciones de conservación importantes que conlleven interrupciones en la fluidez del mismo.

Los dos tipos de pavimentos ofrecen opciones posibles para la buena construcción de carreteras. En ambos tipos de estructuras parece no poder existir una política más perjudicial que el ahorro en la inversión inicial de construcción, sin su debido balanceo con los costos de conservación y de operación de transporte. Este balanceo puede aceptar diversas opciones estratégicas, de acuerdo con los correspondientes análisis de planeación.

Análisis de costos.

Al aumentar la duración del pavimento, disminuir sus gastos de mantenimiento y facilitar los trabajos de reparación, los pavimentos de concreto hidráulico resultan, a la larga, más económicos que los de asfalto. Se ha intentado establecer una fórmula general para determinar a partir de que espesor de base es preferible la utilización del pavimento de concreto hidráulico.

Se debe tomar en cuenta no sólo el costo inmediato, sino también el mantenimiento de ambos, a lo largo de 25 años. Salvo el caso de pavimentación en zonas secas y con terracerías de calidad, los pavimentos de concreto hidráulico resultan más económicos que los de asfalto, dentro de su periodo de vida útil.

El pavimento de concreto hidráulico mejora las expectativas de obtener un punto de equilibrio entre el costo inicial de construcción y el costo de operación vehicular. Muchas veces los ahorros mal entendidos en el costo inicial de construcción conllevarán a mayores gastos de operación y conservación.

En cuanto a los costos de operación de la carretera, los pavimentos de concreto al tener una superficie mayormente plana alargan la vida de los vehículos, evitando que se dañen y minimizando su mantenimiento. El costo de consumo de combustible se reduce hasta en un 20 % para camiones tipo trailer. Al comparar diferentes alternativas de pavimentación en valor presente neto, generalmente el pavimento rígido resulta más barato, esto se debe principalmente a que los costos de mantenimiento del pavimento rígido son mucho menores (usualmente sólo se requiere subsanar detalles de sellado de juntas a intervalos de 5 a 10 años). Por otra parte, el pavimento de concreto tiene una vida útil más grande que el pavimento asfáltico.

En términos generales el costo de mantenimiento de un pavimento asfáltico es de cuatro veces mayor que uno de concreto hidráulico; que el costo de un m³ de concreto hidráulico es de dos veces mayor que el de la mezcla asfáltica, tomando en cuenta ambos materiales ya colocados y acabados y que la duración del pavimento de concreto en nuestro país, es el doble que el del asfalto, pero para tránsitos elevados el rígido presenta ahorros en operación que le permite resultar más ventajoso en el balance total, por tener repercusión directa sobre los costos que absorbe el usuario “del diario”.

Funcionalidad y operación.

La prueba AASHTO demostró ampliamente el diferencial de comportamientos entre los pavimentos de concreto hidráulico y los asfálticos, puesto que a igual número de aplicaciones de carga el comportamiento de los primeros resultó sumamente mejor que el de asfalto.

Se ha comprobado que los pavimentos hidráulicos tienen una duración mínima de 25 años. Uno de los motivos de esta larga duración es que los pavimentos de concreto hidráulico (cuando están bien contruidos), no tienen daño en los derrames de combustible que tanto dañan a los de asfalto. Otra característica es que no se encuentran sujetos a deformaciones continuas durante su uso, como en el caso del material asfáltico. Los arrugamientos tanto transversales como longitudinales se deben a la presión ejercida por las llantas de los vehículos, los pavimentos de concreto ofrecen mejor resistencia a las presiones de arranque, enfrenamiento y circulación producidas por el tráfico.

Estadísticamente se ha demostrado que las carreteras de concreto han soportado hasta tres veces su capacidad de carga de diseño y en pavimentos de aeropuertos, el doble. El concreto incrementa su resistencia con el tiempo, además de resistir sin sufrir deterioros los derrames de gasolina y diesel, así como los efectos de la intemperie. Los pavimentos de concreto transmiten bajas presiones al suelo de fundación.

Los pavimentos rígidos reducen sustancialmente el espesor de la capa base, reduciendo el impacto ambiental y solicitando menores volúmenes de materiales pétreos. Esta cualidad también reduce los volúmenes de excavación.

Diseño.

La principal diferencia entre estos pavimentos es la forma en la cual distribuyen las cargas al terreno de soporte. Los rígidos, a causa de su módulo de elasticidad alto y de su rigidez tienden a distribuir la carga sobre una considerable área de suelo, por lo que gran parte de la capacidad estructural del pavimento es proporcionada por la losa de concreto en si misma, por esta razón, las variaciones menores en la resistencia del terreno del soporte tiene poca influencia en la capacidad estructural del pavimento rígido. Por otro lado, los pavimentos flexibles funcionan con el principio del sistema de capas, para obtener la capacidad estructural de soporte de cargas de los mismos, por lo que deben tener la capa más resistente y de más alta calidad en la superficie.

Construcción.

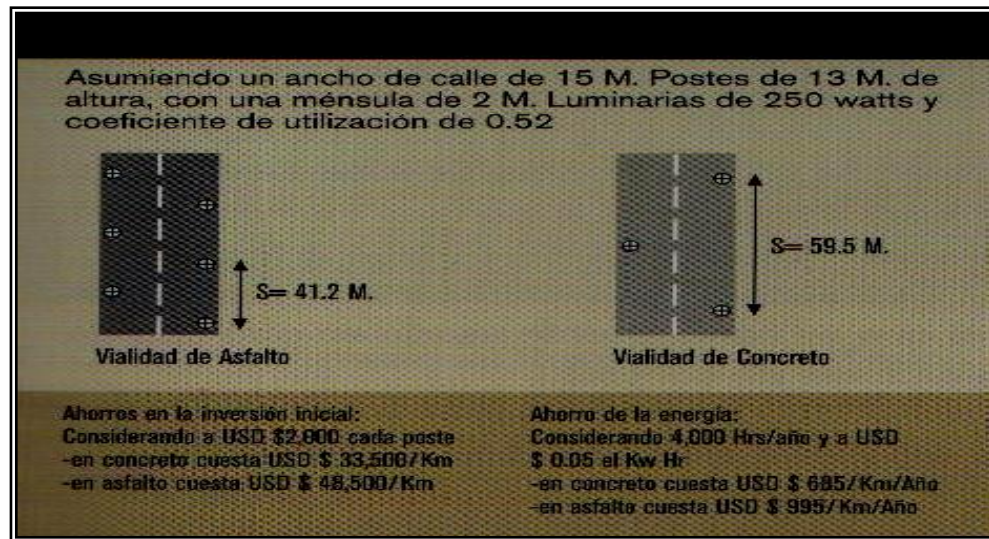
En los pavimentos de concreto hidráulico los tiempos de ejecución son sensiblemente menores, pues la colocación del pavimento es en una sola etapa incluyendo la de curado y acabado; en cambio en los pavimentos asfálticos se requieren de varias etapas de construcción como son: capas de sub-base, base, riegos, carpeta asfáltica y sello.

Existen equipos de pavimentación con concreto muy diversos, sencillos y económicos con uso extensivo de mano de obra y de alto rendimiento para carreteras. La investigación de temas referidos a la tecnología del concreto constantemente obtiene nuevos resultados. El desarrollo de sobrecapas ultradelgadas de concreto de alta resistencia, reforzado con fibras sintéticas de entre 7.5 a 10 cm de espesor, colocadas sobre asfalto deteriorado, conforma un “paquete estructural compuesto” de excelentes características y a un precio menor al de un reencarpetado asfáltico y por supuesto, con mayor durabilidad.

Seguridad.

El factor seguridad es de vital importancia por lo que existen especificaciones en cuanto a diseño y construcción de carreteras, las cuales afectan la selección de un tipo de pavimento u otro. Dichas especificaciones incluyen normas y recomendaciones adicionales para los pavimentos, a las que el proyectista debe apegarse en forma estricta. El factor seguridad puede influir aisladamente o en interacción con otros factores en la decisión definitiva.

La superficie clara de los pavimentos de concreto es tres veces más reflejante que la de asfalto. Se puede ahorrar hasta un 30 % de energía y se brinda mayor seguridad durante la noche, debido a que los faros de los vehículos, reflejan mejor la luz en el concreto, como se puede observar en la figura 1.5.



Fuente: www.cemexmexico.com.

Figura 1.5 Comparativo de economía en iluminación entre los pavimentos rígidos y flexibles.

De acuerdo con la normatividad RP-8 del Instituto Americano de Estándares en iluminación, una calle urbana en zona comercial requiere una iluminación de 17 lux o 1.6 fc para pavimentos asfálticos, y 12 lux o 1.10 fc para pavimentos de concreto, lo cual significa que se requiere de mayor energía para iluminar una vialidad de asfalto.

1.3 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS.

Un Sistema de Administración de Pavimentos (SAP), es un conjunto de procedimientos sistemáticos que contemplan los trabajos de diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos, así como los de guarniciones, banquetas, señalamiento, iluminación y obras de drenaje. Las actividades a desarrollar en el sistema, principalmente, son tendientes a alcanzar una mejor aplicación de los recursos tanto económicos y humanos que se pretenden aplicar.

Las prácticas de administración o gestión de pavimentos se basan en el concepto de encontrar una combinación económica de medidas a aplicar en cualquier momento para poder obtener un nivel de servicio deseado. Los SAP que pueden evaluar varias estrategias, usan los efectos esperados de las medidas de mantenimiento y rehabilitación sobre el comportamiento futuro de la superficie

de los caminos para identificar aquellas secciones que necesiten un tratamiento, así como la combinación de medidas preventivas que proporcionen una condición global deseada, considerando las restricciones impuestas.

El término gestión de pavimentos se usa para describir la administración de redes de supercarreteras, carreteras y calles con superficies pavimentadas, mientras que el término gestión de superficies de carreteras y calles, o solamente gestión de superficies, se utiliza para describir la gestión se utiliza para describir la gestión de redes de carreteras y calles con superficies pavimentadas y no pavimentadas.

Desde este punto de vista amplio, la administración de pavimentos cubre todas las fases de la planeación, programación, análisis, diseño, construcción e investigación de los pavimentos. Puede llegar a considerar tanto las necesidades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos existentes, como las necesidades de áreas adicionales de pavimentos para aumentar la capacidad vial; no incluye generalmente el mantenimiento rutinario (limpieza y reparación de taludes, señales, etc.), el cual suele enfrentarse a través de un presupuesto anual fijo reducido, que no requiere de un sistema o estrategia de gestión. Trata también sobre los requerimientos de los trabajos seleccionados y las normas a seguir en ellos. La planificación de actividades programadas de mantenimiento normalmente se desarrollan dentro de un sistema de administración de pavimentos o de uno de superficie de caminos.

1.3.1 Niveles de gestión de pavimentos.

La administración de pavimentos generalmente se desarrolla a dos niveles, el nivel de red y el nivel de proyecto. Las diferencias entre el nivel de red y el de proyecto se extienden más allá del nivel en el cual se toman las decisiones e incluye diferencias en la cantidad y el tipo de datos que se requieren. La recolección de datos es costoso y a menudo no se sabe con exactitud que tipo, ni que cantidad de ellos serán requeridos, hasta que parte de los datos hayan sido recolectados.

La diferencia en el nivel de decisión normalmente se encuentra en la cantidad de pavimentos que se considere y también en el propósito de la decisión. A nivel de red, las agencias normalmente

incluyen los pavimentos de toda la red bajo su jurisdicción. La cantidad de pavimentos que se considera a nivel de proyecto normalmente consiste en un tramo o sección sencilla a gestionar, la cual a veces corresponde a una sección original de construcción, aunque las condiciones pueden ser combinadas o subdivididas para propósitos de análisis.

El propósito de gestión a nivel de red normalmente se relaciona con el proceso presupuestario para identificar las necesidades de trabajo de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos, la selección de secciones a repararse o mantenerse y la determinación de los efectos de las varias opciones sobre el comportamiento del sistema de todos los pavimentos de la red y sobre el bienestar global de la comunidad. A nivel de red se analiza toda la red considerada, con el mismo de datos de ella para generar programas de conservación preeliminares (para un horizonte de tiempo dado), utilizados principalmente para la gestión de los recursos. Generalmente las decisiones a nivel de red pueden ser tomadas con una cantidad menor de datos que aquellos que se requieren para tomar decisiones específicas sobre una sección a nivel de proyecto. Para reducir los costos de implementar un SAP, solamente se recolecta la cantidad mínima de datos requeridos y únicamente cuando sean necesarios.

A nivel de proyecto, el propósito es determinar la estrategia más económica posible de diseño inicial, así como de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción durante el periodo de vida de una sección de pavimento seleccionada, dado el financiamiento disponible. Los resultados principales de la administración de pavimentos a nivel de proyecto incluyen una evaluación de las causas del deterioro, identificación de las estrategias posibles de diseño, mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción y la selección de la estrategia más económica a seguir durante el período de vida de la sección, dadas las restricciones impuestas. Este proceso requiere de una cantidad considerable de datos detallados para la selección considerada.

La administración a nivel de proyecto básicamente consiste en los análisis y diseños de ingeniería que se requieren para desarrollar la estrategia más efectiva (de mayor factibilidad económica) de diseño, mantenimiento o rehabilitación para una sección específica de pavimento. Algunos se refieren a este proceso como análisis de proyecto o diseño de proyecto, en vez de gestión de

pavimentos a nivel de proyecto las secciones que necesitan trabajos de mantenimiento y rehabilitación (e incluso reconstrucción) serán seleccionadas para reparación, por el SAP a nivel de red.

1.3.2 Beneficios de la administración de pavimentos.

Existen diversos beneficios derivados de tener un proceso estructurado de administración de los pavimentos, los cuales son muy obvios; sin embargo, pocos beneficios monetarios han sido documentados. Los beneficios que han sido identificados incluyen:

- ❖ Uso más eficiente de los recursos disponibles.
- ❖ Una mayor habilidad para justificar y asegurar un mayor financiamiento para las actividades de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

Algunos otros beneficios están relacionados con los siguientes aspectos:

- ❖ Información más exacta y accesible sobre el estado de un sistema de vialidades.
- ❖ Habilidad de evaluar el comportamiento de los tratamientos seleccionados.
- ❖ Determinación de necesidades que pueden ser apoyadas.
- ❖ Habilidad de mostrar el impacto de distintas estrategias de financiamiento.
- ❖ Selección de estrategias más efectivas de mantenimiento y rehabilitación.
- ❖ Mejoras de comunicación entre los distintos grupos que trabajan con los pavimentos dentro de la organización y con el público.
- ❖ Habilidad de responder preguntas sobre los pavimentos hechas por administradores, políticos y por el público.
- ❖ Una mejor coordinación de los trabajos con las agencias de servicios públicos.
- ❖ Una mayor credibilidad con los políticos y el público, en lo relacionado con la administración.
- ❖ El desarrollo de un sentimiento de satisfacción a partir del convencimiento, de que el gobierno está realizando el mejor trabajo con el financiamiento disponible.

1.4 LA CIUDAD DE MAZATLÁN.

1.4.1 Antecedentes.

La ciudad de Mazatlán se localiza en la parte sur del estado de Sinaloa. Limita al norte con el municipio de San Ignacio y el estado de Durango; al este con el municipio de Concordia; al sur con el municipio de Rosario y el Océano Pacífico y al oeste con el Océano Pacífico, como se observa en la figura 1.6. El estado de Sinaloa se ubica al Noroeste de México, colindando al norte con los estados de Sonora, Chihuahua, Durango y al sur con el estado de Nayarit.

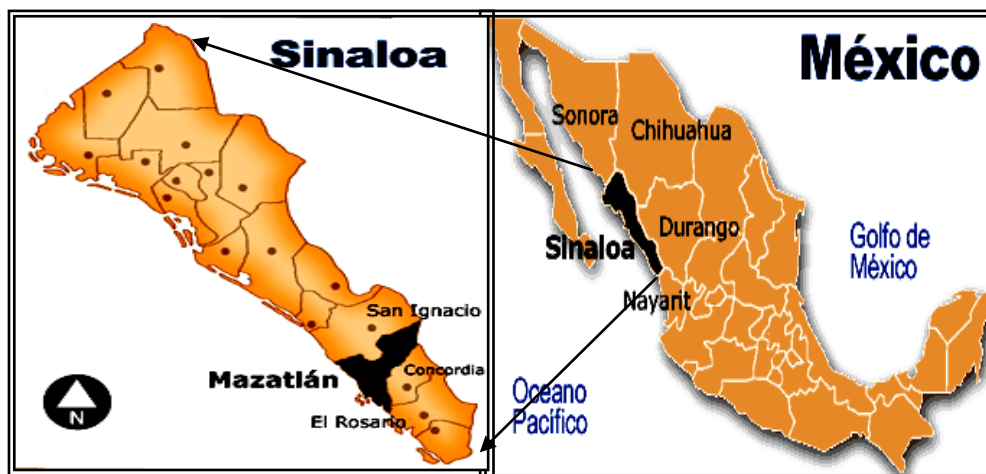


Figura 1.6 Ubicación de la ciudad de Mazatlán en el estado de Sinaloa.

La ciudad de Mazatlán tiene una extensión de 3,068.48 km² que corresponden al 5.26 % del total estatal y al 0.15 % del país y por su extensión ocupa el lugar 9° de los municipios del estado. La ciudad de Mazatlán es predominantemente urbana, cuenta con alrededor de 450 localidades pequeñas, con una población entre uno y menos de dos mil habitantes cada una que, en conjunto, representa apenas el 8.8 % del total municipal; en cambio, el 91.2 % de la población municipal se concentra en las cinco localidades de más de 2,500 personas (Villa Unión, El Roble, El Walamo, y el Castillo, además de Mazatlán). Pero lo determinante en este aspecto es la concentración del 86.2 % del total de los habitantes en la ciudad de Mazatlán.³

De acuerdo con los resultados definitivos del último Censo de Población y Vivienda 2005 para el estado de Sinaloa, el ritmo actual de crecimiento de la población mazatleca es de 1.1 % anual,

³ Fuente: Plan Municipal de Desarrollo Mazatlán 2005-2007

superior a la tasa media de crecimiento anual del estado y a la nacional que es del 1.0 %; y se estima que en octubre de 2005, esta ciudad contaba con un total de 403, 888 habitantes. Esta cantidad representa alrededor del 15.5 % del total de los habitantes del estado de Sinaloa⁴

1.4.2 Estructura organizacional.

Como parte del H. Ayuntamiento de la ciudad de Mazatlán existen algunas dependencias que intervienen en el desarrollo de los pavimentos urbanos como se observa en la figura 1.7, estas dependencias tienen una actividad específica, las cuales se describen en los siguientes párrafos.

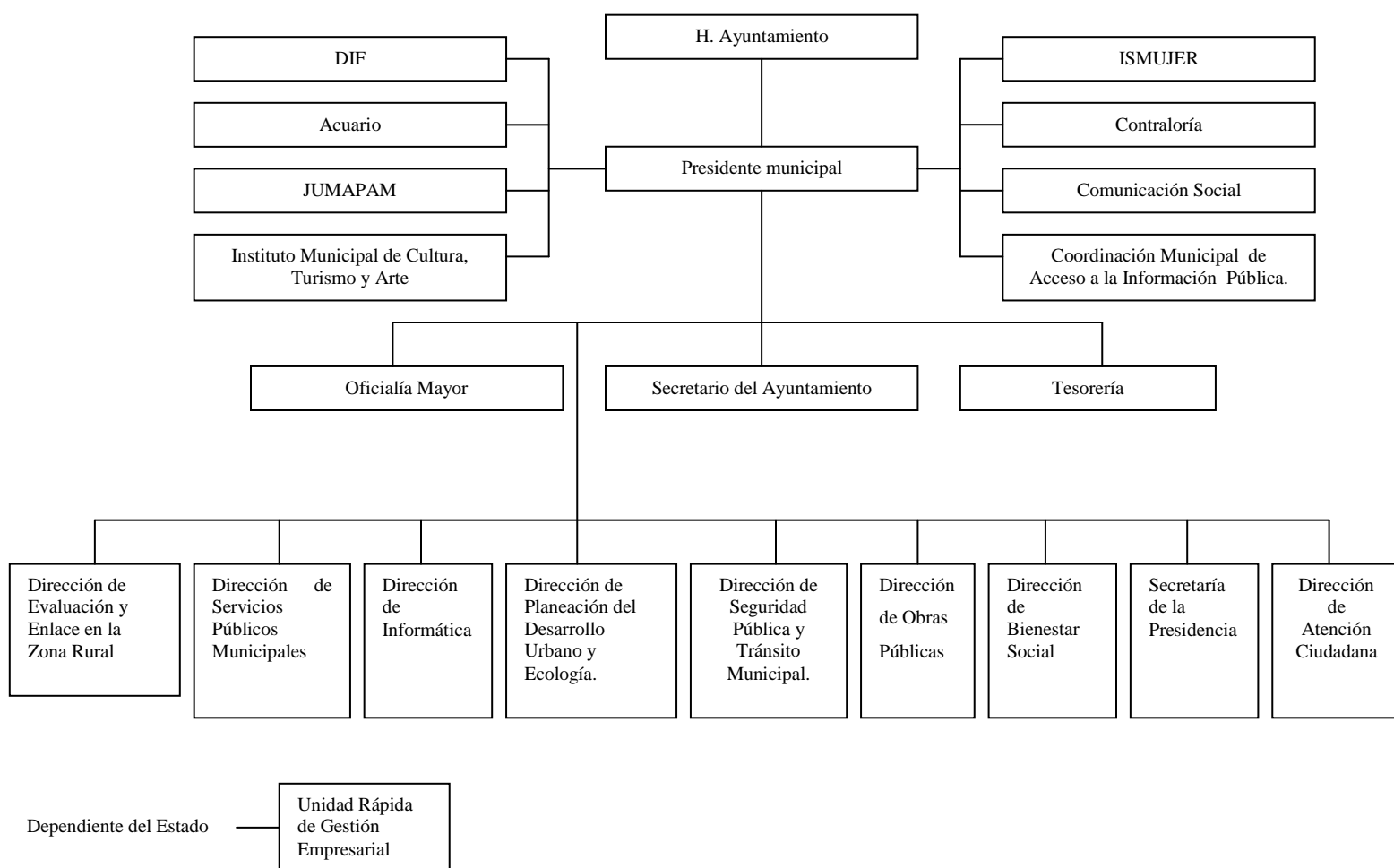


Figura 1.7 Organigrama del H. Ayuntamiento de Mazatlán.

⁴ INEGI. Resultados definitivos del II Censo de Población y Vivienda 2005 para el estado de Sinaloa.

La Dirección de Planeación del Desarrollo Urbano y Ecología coordina la elaboración, instrumentación, evaluación y ejecución del Plan Municipal de Desarrollo Urbano, así como los planes regionales, parciales o sectoriales y aquellos de carácter especial que señale el Ayuntamiento, con la participación y asistencia técnica de las dependencias correspondientes, así como de los organismos representativos de los sectores privado y social; su organigrama se muestra en la figura 1.8, en el cual se observa como esta compuesta esta dirección.

Por otra parte la función operativa de la Dirección de Planeación del Desarrollo Urbano y Ecología se rige por la aplicación de los siguientes ordenamientos jurídicos:

-Reglamento de Construcción

-Plan Sectorial de Vialidad de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.

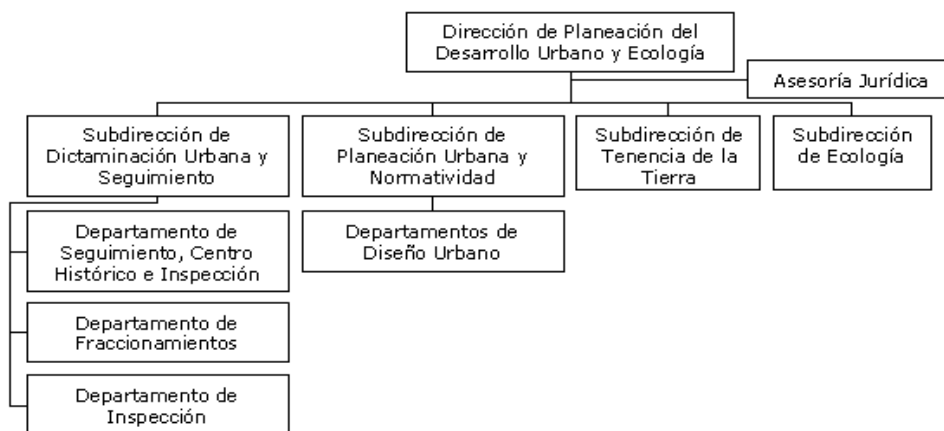


Figura 1.8 Organigrama de la Dirección Planeación de Mazatlán.

La Dirección de Obras Públicas es la encargada de dar mantenimiento a las vialidades de la ciudad; de realizar obra pública directa y de concursar obra pública que por su complejidad y normatividad deben hacer los particulares. Vigila que la obra pública concursada se realice de acuerdo a la Ley de Obra Pública y que la ciudad reciba obras de calidad, a costos justos y hechos en tiempos prudentes; su organigrama se muestra en la figura 1.8, en el cual se observa como esta compuesta esta dirección.

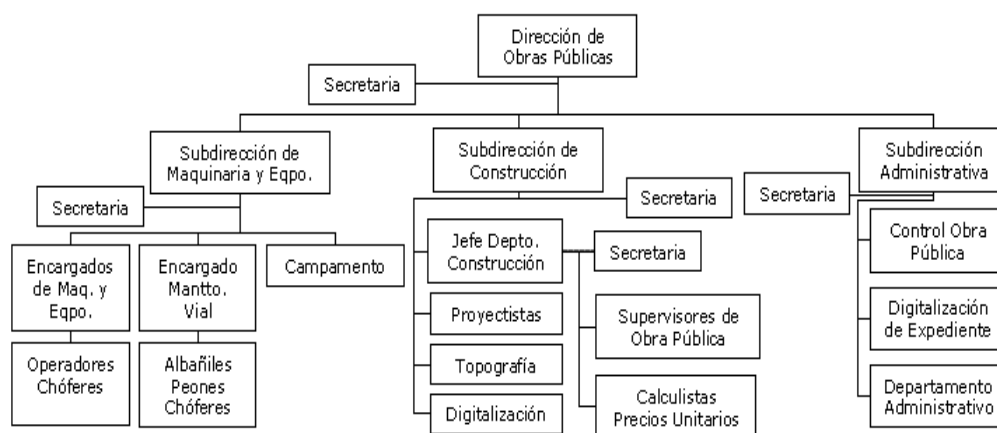


Figura 1.9 Organigrama de la Dirección de Obras Públicas de Mazatlán.

Como se aprecia en el organigrama de la figura 1.9, la Dirección de Obras Públicas mediante la Subdirección de Maquinaria y Equipo es la encargada del mantenimiento vial; para ellos dicha subdirección cuenta con el Departamento de Mantenimiento Vial como auxiliar principal en dichas labores.

1.4.3 Infraestructura de los pavimentos.

Actualmente la ciudad de Mazatlán cuenta con una red vial cuya longitud es cercana a los 154.59 km, de ésta cantidad sólo alrededor de 84.222 km corresponde a la red vial estructural, que representa el 60 % del total de la red vial y 37.811 km a las vías primarias, el resto corresponde a las vías secundarias.

Los datos anteriormente expuestos se resumen en la tabla 1.5.

RED VIAL DE LA CIUDAD DE MAZATLÁN	
TIPO DE VIALIDAD	Long. (km)
VIALIDADES DE ACCESO	14.018
VIALIDADES ESTRUCTURALES	84.222
VIALIDADES PRIMARIAS	37.811
VIALIDADES SECUNDARIAS	18.545
TOTAL =	154.597

Tabla 1.5 Red vial de la ciudad de Mazatlán.

1.4.3.1 Tipología de los pavimentos.

La red vial de la ciudad de Mazatlán está formada básicamente por dos tipos de pavimento, hidráulico y flexible (existen pequeños tramos aislados con adoquín). La longitud total aproximada de la red, administrada por el gobierno municipal, es de 154.597 km, de los cuales el 90 % corresponden a pavimentos rígidos, el resto de los pavimentos son de asfalto.

En materia de infraestructura vial la situación es crítica, gran parte de las vialidades que conforman la red vial primaria de la ciudad, están seriamente deterioradas; entre estas vialidades se encuentran algunas de las más importantes como son: la Av. Insurgentes, Av. Benemérito de las Américas, Av. Gabriel Leyva, Av. Emilio Barragán, y Av. Camarón Sábalo, con un total de 1,654 m² de pavimento deteriorado sólo en estas avenidas.

La mayoría de las vialidades fueron construidas en la década de los años 80's. Los tipos y cantidades de vehículos que por ellas transitan hoy en día, han cambiado a lo largo de estos años, lo que ha resultado en un deterioro progresivo y constante de estas vialidades.

1.4.3.2. Clasificación de la red vial.

En la organización funcional de la ciudad se identifican un universo de elementos, dentro de los cuales destacan las vialidades, mismas que sustentan el desarrollo de las actividades diarias de sus habitantes al facilitar la articulación, el traslado, y la interacción de su población. En el caso de la ciudad de Mazatlán, estas funciones empiezan a tomar mayor relevancia por el crecimiento acelerado que está presentando la mancha urbana. En ella, la estructura vial está compuesta por diferentes tipos de vialidades de acuerdo a sus características constructivas y de funcionamiento formando la red vial, como se puede observar en la figura 1.10.

Red vial primaria

Las vías principales son vías que por sus características geométricas y su capacidad para mover grandes volúmenes de tránsito, enlazan y articulan gran cantidad de viajes. Son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a las

generadoras principales de tránsito. Este tipo de vialidades varían en su trazo y condiciones de operación de acuerdo a la zona geográfica en que se ubican.

En la ciudad de Mazatlán la red vial principal esta compuesta por 4 vialidades de acceso, 20 vialidades estructurales y 15 vialidades primarias. La cantidad correspondiente a las vialidades de acceso es de aproximadamente 14.2 km, a las estructurales de poco más de 84.222 km y 37.811 km corresponde a las vías primarias.

Red vial secundaria

Las vialidades secundarias son vías colectoras que ligan a las diferentes calles principales con las calles locales, proporcionando a su vez acceso a las propiedades colindantes. La red vial de la ciudad está compuesta por 15 vialidades secundarias, con un total aproximado de 18.545 km.

Red vial terciaria o local

Son vías no continuas que facilitan la movilidad dentro las zonas habitacionales o predios particulares, su estructura no está diseñada para recibir tránsito intenso y pesado.

Un buen número de las calles de la ciudad no están pavimentadas. Se han hecho esfuerzos infructuosos en esta materia; pues, crecen de manera continua los rezagos en bacheo, rastreo, nivelación y reparación en general de las calles pavimentadas.

Para el mantenimiento de las vialidades que conforman la red vial de la ciudad, el gobierno municipal realiza trabajos de mantenimiento periódico y rutinario. La estrategia actual del municipio para hacer frente al mantenimiento de los pavimentos de la red vial es simplemente realizar trabajos periódicos como el bacheo y reencarpetado, principalmente en las vías con mayor afluencia vehicular que son las que presentan mayor deterioro. Según cifras del propio Ayuntamiento de Mazatlán cada año aumenta la cantidad de m² de pavimento deteriorado, tan sólo en el año 2005 se llevaron a cabo 6,052 m² de bacheo con mezcla asfáltica; mientras que para el año 2006 aumento esta cifra a 6,306 m² de bacheo.

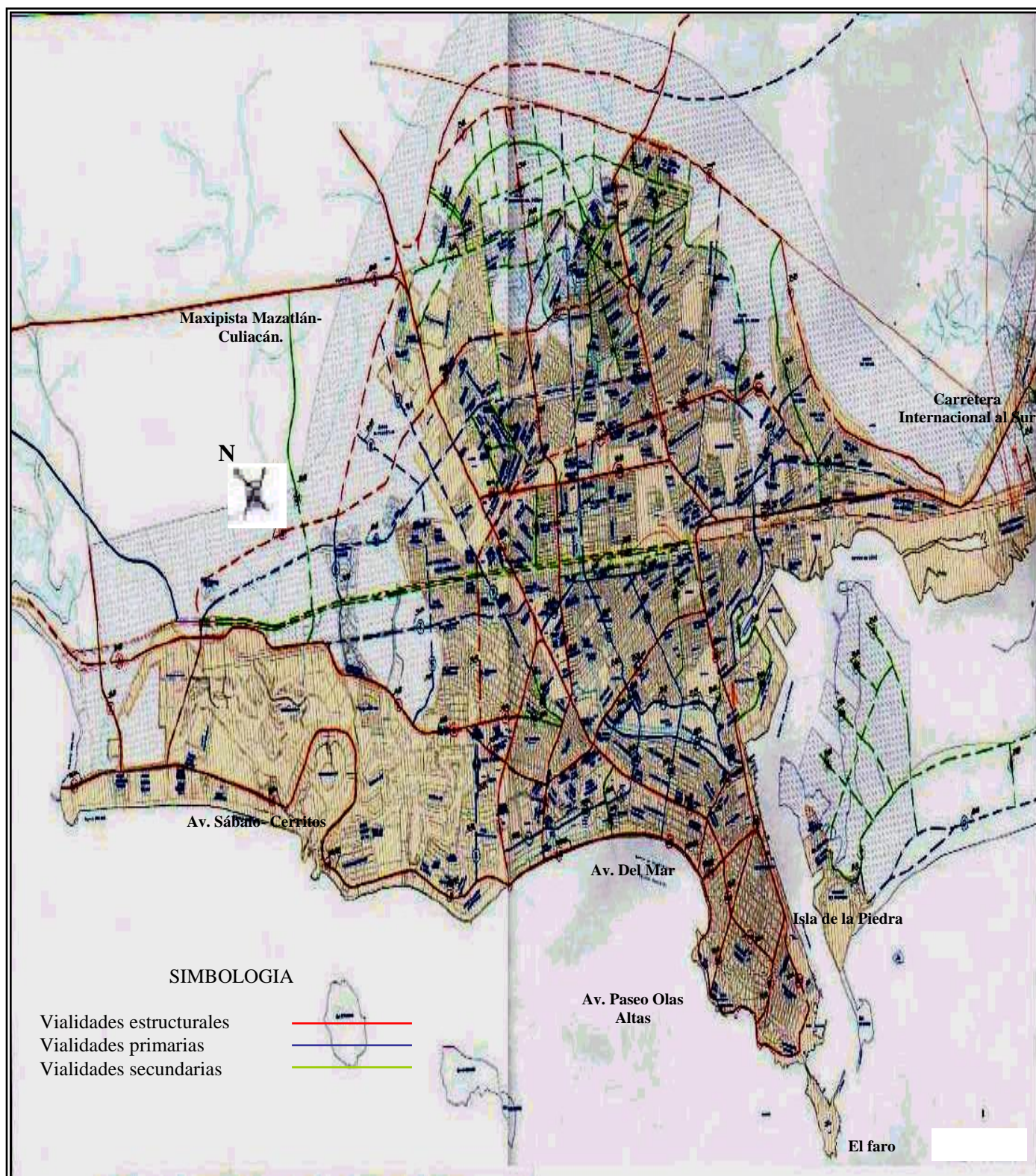


Figura 1.10 Red vial de la ciudad de Mazatlán.

Como se puede notar el esfuerzo del gobierno municipal de la ciudad, cada vez se vuelve insuficiente por que el deterioro de los pavimentos va en aumento a medida que pasa el tiempo y la carga vehicular es mayor, y a la falta de administración de los mismos.

Conclusión capitular.

Los cálculos, representativos de situaciones reales, permiten afirmar que el gasto adicional por kilómetro, debido a la ausencia de una conservación eficaz (ausencia de conservación o conservación inadecuada), cubre con suficiencia los montos necesarios para mantener índices de servicio altos (rugosidades bajas), por periodos de tiempo razonablemente prolongados. En otras palabras, un supuesto ahorro aplicando acciones de conservación baratas, que no atacan los problemas de raíz, pero que alcanzan para "hacer algo" en el mayor número de kilómetros, costaría varios millones de pesos al País, por el costo adicional de operación que significa para los usuarios recorrer caminos que rápidamente alcanzarían índices de servicio bajos (rugosidades altas).

Esta enorme desproporción entre los costos (y los beneficios) de operar la infraestructura, en comparación con los costos de construirla, hacen muy peligroso el criterio de que sea el costo de construcción mínimo el paradigma de un proyecto vial. Hacen ver también el papel importante que un pavimento en buen estado juega en los ahorros posibles.

Es conveniente, en términos generales, aplicar diseños con periodos útiles prolongados cada vez que sea posible pues, por alto que sea su costo, rápidamente será recuperado, al reducirse los costos de operación de los usuarios.

En términos de diseño y construcción iniciales, resulta también conveniente gastar más en la construcción de las carreteras para tener estructuras estables y pavimentos resistentes y con ello caminos más durables, con menos interrupciones al tránsito para su conservación y, por tanto, más seguros y acumulativamente más económicos para los usuarios, que gastar menos en la inversión inicial, buscando un ahorro fugaz y repercutiendo en altos costos de conservación a la

dependencia responsable y de operación a los usuarios y, por ende, al País en su conjunto durante toda la vida útil del camino.

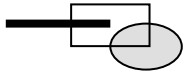
Habrán casos, sin duda, en los que la conclusión no será favorable al realizar una mayor inversión inicial en construcción o en conservación. La recuperación o justificación de ésta, gracias a la reducción de costos de operación, puede variar en forma importante e incluso no darse en el periodo de vida útil de un camino.

Ello dependerá, por supuesto, de las magnitudes del tránsito, de su composición, de su crecimiento anual, de los ritmos del deterioro de los caminos y del tamaño de los montos de inversión implicados.

Parece indiscutible que se debe gastar lo preciso para un funcionamiento adecuado y un crecimiento armónico. La ciudad de Mazatlán crece y progresa y lo que se hace para cubrir un servicio que va a durar mucho más de lo que suele considerarse el periodo de vida útil de una obra, es cubrir en cualquier futuro fines cada vez más amplios en lo cualitativo y en lo cuantitativo; esta es la experiencia del pasado.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE PAVIMENTOS



2. DISEÑO DE PAVIMENTOS.

2.1 INTRODUCCIÓN

El propósito de un pavimento es proporcionar al público una superficie de rodaje que sea segura y confortable. A pesar de que los pavimentos son generalmente considerados como uno de los tipos más simples de estructuras diseñadas por los ingenieros, su diseño es bastante complejo.

La mayoría de los pavimentos están hechos con capas de materiales eventuales, todas las cargas son transmitidas al suelo o terreno natural. Los materiales más fuertes están generalmente ubicados cerca de la superficie para poder resistir las cargas de tránsito, estática y dinámicamente. Cada capa sucesiva distribuye la carga sobre un área más grande. Las capas más fuertes proporcionan una distribución mayor, lo que hace que las cargas sean distribuidas sobre áreas más grandes que las que se tendrían con el mismo espesor de un material más débil.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los

esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no sólo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

Tanto el espesor como la rigidez de las capas afectan la distribución de las cargas y la resistencia a la fatiga de las capas del pavimento. Estas propiedades son generalmente consideradas en el proceso de diseño del pavimento, en la caracterización de los materiales.

Muchos de los pavimentos actuales nunca fueron diseñados. Muchos de ellos fueron construidos utilizando espesores uniformes que fueron seleccionados con base en la experiencia. Algunas empresas tienen catálogos o una lista de con dos o tres tipos de diseños, a partir de los cuales seleccionan la composición del pavimento y el espesor de las capas.

Evidentemente todos estos métodos no consideran todos los factores principales que afectan el comportamiento del pavimento, y por lo general ocasionan la utilización ineficiente de los fondos públicos destinados a construcción, rehabilitación y mantenimiento de pavimentos. La experiencia adquirida en el diseño de pavimentos se pierde cuando el ingeniero encargado se va de la empresa, así mismo cuando se cuenta con un ingeniero con experiencia, las experiencias del pasado no pueden ser aplicados a los programas actuales.

Objetivo capitular.

Describir los métodos más usuales de diseño de pavimentos, para conocer los criterios de diseño que utilizan cada uno de ellos, que nos permita comprender con detalle el funcionamiento estructural de los pavimentos y tener un conocimiento más amplio para poder proponer las mejores alternativas al momento de diseñar una estructura de este tipo.

2.2 DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

2.2.1 Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

El método se basa en una generalización teórica de los resultados obtenidos en los tramos experimentales de la pista circular del Instituto de Ingeniería y en tramos de prueba.

2.2.1.1 Criterios de diseño

Para el desarrollo del modelo de comportamiento a fatiga, considerará ésta como deformación permanente acumulada. Se supone que la estructura del pavimento ensayada presenta una resistencia relativa uniforme cuando ha soportado el número de repeticiones de carga estándar especificada para la vida de proyecto. Si la resistencia relativa no es uniforme, la capa con resistencia relativa mínima determina la vida de servicio de la vialidad.

Se emplean los conceptos de capacidad de carga en suelos cohesivos y la teoría de distribución de esfuerzos verticales de Boussinesq deducida para una placa circular flexible de radio a , apoyada uniformemente en la superficie de un medio elástico homogéneo e isótropo, para su aplicación al caso de una estructura de capas múltiples, en la cual las gráficas admisinales esfuerzo-deformación de los materiales son iguales. Se considera el esfuerzo vertical como un indicador adecuado del comportamiento a cargas repetidas de la capa correspondiente.

Cada capa (i) tiene un espesor equivalente $a_i D_i$, donde D_i es el espesor real y a_i es un coeficiente de equivalencia estructural que toma en cuenta la capacidad de repartición de carga del material, los valores se muestra en la tabla 2.1.

Elemento	a_i
Carpeta de riego	0
Carpeta de concreto asfáltico	2
Carpeta de mortero asfáltico o emulsión	1.5-1.8
Bases negras	1.2-1.5
Base hidráulica	1
Subbase hidráulica	1
Subrasante	1
Terracerías	1

Tabla 2.1 Coeficientes de equivalencia estructural.

La falla por fatiga de una capa en la superficie de la vialidad se analiza bajo la hipótesis de que existe una relación lineal entre el logaritmo de la resistencia ($\log Dqs$) y el logaritmo del número de repeticiones acumuladas de las cargas estándar ($\log S L$). La carga estándar o eje equivalente se define como la sollicitación de un eje sencillo de 8.2 ton, y llantas con presión de inflado de 5.8 kg/cm^2 .

2.2.1.2 Parámetros de diseño.

A) Valor Relativo de Soporte esperado en campo. (\widehat{VRS}_z)

Para bases, sub-bases, subrasantes y terracerías estabilizadas mecánicamente por compactación, la resistencia se mide en términos del VRS (Valor Relativo de Soporte). Por lo tanto, la resistencia es una variable que depende de las características físicas y propiedades mecánicas de los materiales empleados, condiciones climatológicas, drenaje, procedimiento constructivo y conservación, así como las variaciones de dichos factores a lo largo de la vialidad y de su vida de servicio. El modelo teórico define la falla en términos de deformaciones permanentes de 2.5 cm en el 20 % de la superficie del pavimento y se supone que la resistencia en la capa crítica referida a la superficie está normalmente distribuida, con media $\widehat{VRS}_{z=0}$ y desviación estándar (σ) correspondiente a un coeficiente de variación, como se puede apreciar en la figura 2.1.

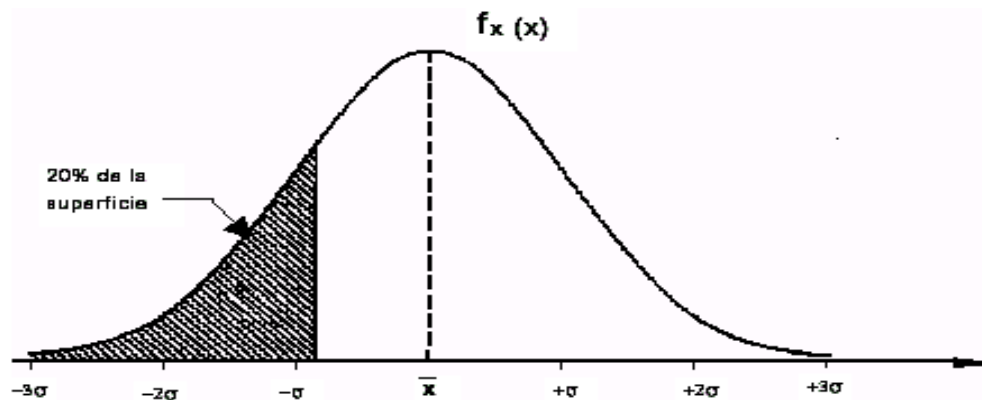


Figura 2.1 Curva de Distribución Normal o de Gauss.

1) Tipo de prueba de laboratorio para la determinación de la resistencia.

Respecto al tipo de prueba que deberá desarrollarse en laboratorio para estimar la resistencia del suelo utilizando el VRS, el Instituto de Ingeniería posteriormente a la valoración de varios procedimientos concluye:

- a) Establecer un solo criterio en cuanto a tipo de energía de compactación.
- b) Utilizar la prueba Próctor, con sus variantes en lo relativo a la energía aplicada y tamaño de moldes para tomar en cuenta características de los materiales. Por lo tanto, se recomienda adoptar las pruebas Próctor estándar AASHTO (T-99) y Próctor modificada AASHTO (T-180), utilizando moldes de 10 y 15 cm (4 y 6 pulgadas).
- c) En lo referente a las pruebas de diseño para estimar la resistencia de la subrasante, se recomienda la adopción de una prueba que permita estimar el valor relativo de soporte en función del contenido de agua de equilibrio o el contenido de agua más desfavorable de acuerdo con las condiciones climáticas y regionales de México.
- d) Otro procedimiento más sencillo para valorar la susceptibilidad del VRS al variar el contenido de humedad, consiste en realizar la prueba del VRS en cada uno de los especímenes elaborados para la determinación del peso volumétrico seco máximo en la prueba Próctor; entendiéndose que únicamente se tendrá el comportamiento para una sola energía de compactación.

2) La humedad de equilibrio en subrasantes y terracerías es uno de los principales factores para determinar el valor relativo de soporte crítico en el lugar; su estimación requiere del conocimiento de las características geotécnicas del material y climatológicas del lugar.

B) Tránsito.

La valoración del tránsito que circula entre el origen y el final del recorrido del tramo en estudio, así como sus fluctuaciones importantes en subtramos intermedios, resulta fundamental para el diseño del pavimento. En las vialidades nuevas por proyectar deberá realizarse un estudio regional y obtener en cualquiera de los dos casos, la tasa de crecimiento esperada.

El tránsito se estima por el TDPA (tránsito diario promedio anual) y su clasificación vehicular. El método del Instituto de Ingeniería, como en la mayor parte de los métodos de diseño de

pavimentos, requiere del conocimiento de la clasificación vehicular, por categorías de acuerdo al tipo de vehículo, número de ejes, arreglo de los ejes y número de llantas

1) Peso bruto vehicular permitido según el tipo de camino.

En la tabla 2.2 se presentan, por categorías, los tipos de vehículos que circulan por la red nacional de caminos y en vialidades urbanas que han sido estructuralmente diseñadas para ello.

Tipo de vehículo	No. de llantas	Peso bruto vehicular máximo en ton.*		
		Camino A y B	Camino C	Camino D
A2	4			
A2	4			
B2	6			
B3	10			
B4	12			
Trolebús	6			
C2	6	17.5	15.5	14
C3	10	26	23	20.5
C4	14	31	27.5	24.5
T2-S1	10	27.5	24.5	
T2-S2	14	35.5	31.5	
T2-S3	18	44	39	
T3-S2	22	48.5	43	
C2-R2	14	37.5	33.5	
C3-R2	18	46	41	
C3-R3	22	54	48	
T2-S1-R2	18	47.5	42.5	
T2-S2-R2				
T3-S1-R2	22	56	50	
T3-S2-R2	26	60.5	52.5	
T3-S2-R3				
T3-S2-R4	34	65.5	58	

* A partir del 1 de noviembre de 1996 en adelante.

PESO BRUTO VEHICULAR = PESO VEHICULO + PESO CARGA

Fuente: Secretaría de Desarrollo Social. Dirección General de Ordenación del Territorio. "Manual de administración de pavimentos en vialidades urbanas". Tomo XIV. México, D.F., pág.19.

Tabla 2.2 Clasificación vehicular.

2) Daño unitario.

El método del Instituto de Ingeniería valora el tránsito en términos de daño unitario, el cual significa la aplicación de una carga de 8.2 ton por eje, con llanta dual y presión de inflado de 5.8

kg/cm². Cualquier carga por eje o presión de inflado diferente, provoca un daño al pavimento que comparado con el daño unitario se determina el factor de equivalencia por daño. La estructura del pavimento se considera representada por un material equivalente, homogéneo, isotrópico y linealmente elástico.

3) Tránsito de diseño.

El tránsito para diseño se determina mediante la obtención del Tránsito Diario Promedio Anual en el carril de proyecto, debiéndose estimar los porcentajes por carril, por sentido, cargados y vacíos; estimándose el daño acumulado utilizando los coeficientes de daño por vehículo, caracterizados por la variable (SL) ó número acumulado de aplicaciones de carga estándar de 8.2 ton, previsto al término del plazo del análisis.

Para su cálculo se emplea la expresión:

$$SL = (TDPA) (C D) (CT) S C i [W i S d m + (1 - W i) S d v]$$

C) Ecuación fundamental y grado de confianza.

La ecuación general de diseño obtenida de los resultados de la pista circular donde fueron analizadas distintas estructuras con materiales y condiciones de humedad diferentes resulta ser:

$$\widehat{VRS}_z = \widehat{VRS}_0 [A]^{LOG\% L} [F_z]$$

Donde:

\widehat{VRS}_z : Valor relativo de soporte crítico esperado en campo

\widehat{VRS}_0 : Constante experimental igual a 10^{13}

$$B = 0.8477 + 0.12 U$$

U: Es la abscisa de la distribución normal estándar para un nivel de confianza Q_U .

ΣL : Ejes equivalentes acumulados

F_z : Coeficiente de influencia de Boussinesq para $a = 15$ cm

$$F_z = \frac{1 - z^3}{(15^2 + z^2)^{3/2}} \quad z \text{ en cm}$$

El valor \widehat{VRS}_0 depende de dicho nivel de confianza y representa la ordenada al origen de la ecuación de diseño analizada para daño superficial ($z \leq 30$) ó profundo ($z > 30$). La probabilidad

de falla esta dada por la función de distribución normal estandarizada y para un nivel de confianza (Q_U) estimado.

2.2.2 Método de diseño español MOPU - Secciones de pavimento.

El extinto Ministerio de Obras Públicas de España (MOPU) publicó en mayo de 1989 una orden donde se aprobó la Instrucción 6.1 y 2-I.C. de la Dirección General de Carreteras, que instruye que para los proyectos de construcción de nuevas carreteras o reconstrucción de las existentes se utilice el “Catálogo de Secciones de Pavimento Flexibles y Rígidos”, haciéndose notar que no aplica para el diseño de refuerzos de pavimentos ni a secciones de pavimentos sobre alguna estructura.

El catálogo considera períodos de diseño o de servicio de 20 años para los pavimentos flexibles y de 30 años para los pavimentos rígidos elaborados con concreto hidráulico. También toma en cuenta la intensidad media diaria de vehículos pesados que se prevea en el carril de proyecto y en el año de la puesta en servicio. Se utilizan para el diseño tres categorías de subrasante, definidas por su mínimo valor relativo de soporte (VRS). En base a las variables anteriores, el catálogo proporciona 13 alternativas de solución para 5 diferentes tránsitos, 3 categorías de subrasantes y 8 clases de materiales diferentes, para usarse en las capas de la sección estructural de los pavimentos. Todo lo anterior se traduce finalmente en un catálogo que proporciona al usuario o diseñador un abanico del orden de 500 secciones de pavimento.

2.2.2.1 Tránsito.

Para el diseño de secciones estructurales de los pavimentos flexibles o rígidos, el método español considera exclusivamente los “vehículos pesados”, mismos que define de la siguiente manera:

- ❖ Camiones de carga útil superior a 3 ton, de más de 4 ruedas y sin remolque.
- ❖ Camiones con uno o varios remolques.
- ❖ Vehículos articulados.
- ❖ Vehículos especiales.
- ❖ Vehículos de pasajeros con más de 9 plazas.

El catálogo contempla categorías de tránsito pesado desde el T0 hasta el T4, cubriendo intensidades medias diarias de vehículos pesados entre 50 y más de 2,000 vehículos sobre el carril de diseño. Cuando no se dispone de datos confiables del aforo vehicular, se admite la asignación por carriles siguiente:

- ❖ En superficies de rodamiento de dos carriles y doble sentido de circulación, incide sobre cada carril la mitad de los vehículos pesados.
- ❖ En superficies de rodamiento de cuatro carriles (dos por sentido de circulación), inciden sobre el exterior todos los vehículos pesados que circulen en el sentido considerado.
- ❖ En superficies de rodamiento de tres o más carriles por sentido de circulación, incide sobre el exterior el 85 % de los vehículos pesados que circulen en el sentido considerado.

Para efectos de utilización del presente método, en la tabla 2.3 se definen cinco categorías de tránsito pesado, en función de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMD_p), en el carril de proyecto y en el año de la puesta en servicio.

Categorías de tránsito pesado	IMD _p
T0	Mayor de 2 000
T1	Entre 500 y 2000
T2	Entre 200 y 500
T3	Entre 50 y 200
T4	Menor de 50

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT. "Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias". Publicación técnica No. 104. Sanfandila, Qro., 1998., pág. 40.

Tabla 2.3 Categorías de tránsito pesado.

Para el diseño de nuevas construcciones de autopistas y carreteras, recomiendan que en ningún caso la categoría seleccionada sea inferior a T1, que involucra una IMD_p entre 800 y 2,000 vehículos pesados y, cuando se justifique que los ejes de los vehículos pesados estén sobrecargados, se deberá adoptar la categoría inmediata superior.

2.2.2.2 Subrasante.

El catálogo considera 3 categorías de subrasante, definidas por el índice VRS mínimo; esto es: E1, entre 5 y 10, E2, entre 10 y 20 y E3, para índices mayores de 20 %, determinados por los

métodos de ensaye especificados y en las condiciones más desfavorables de humedad y densidad. Se hace notar que el método no admite subrasantes del tipo E1 para categorías de tránsito pesado T0 y T1 y además para esos casos se recomienda la utilización de materiales estabilizados con cal o cemento. En la tabla 2.4, se sugieren algunos materiales utilizables en las subrasantes.

Símbolo	Definición del material	Artículo correspondiente del PPTG	Prescripciones complementarias
0	Suelo tolerable	330 Terraplenes	
1	Suelo adecuado	330 Terraplenes	
2	Suelo seleccionado	330 Terraplenes	
3	Suelo seleccionado	330 Terraplenes	VRS \geq 20
1	Material de la zona de transición en pedraplenes	331 Pedraplenes	
S-EST-1	Suelo estabilizado in situ con cemento o cal	5.11 Suelos estabilizados in situ con cemento; 5.10 Suelos estabilizados in situ con cal.	VRS de la mezcla a los 7 días \geq 5 (cemento o cal \geq 2%)
S-EST-2	Suelo adecuado estabilizado in situ con cal o cemento	330 Terraplenes; 5.11 Suelos estabilizados in situ con cemento; 5.10 Suelos estabilizados in situ con cal.	VRS de la mezcla a los 7 días \geq 5 (cemento o cal \geq 2%)
S-EST-3	Suelo adecuado estabilizado in situ con cal o cemento	330 Terraplenes; 5.11 Suelos estabilizados in situ con cemento.	Resistencia a la compresión simple a los 7 días \geq 1.5 Mpa.

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT. "Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias". Publicación técnica No. 104. Sanfandila, Qro., 1998., pág. 41.

Tabla 2.4 Materiales utilizables en subrasantes.

2.2.3 Método de la AASHTO para el diseño de la sección estructural de los pavimentos.

El actual método de la AASHTO, versión 1993, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles y rígidos de carreteras. En el caso de los pavimentos flexibles, el método establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito (mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2 ton durante el período de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terracería.

2.2.3.1 Método de diseño.

Los procedimientos involucrados en el actual método de diseño, versión 1993, están basados en las ecuaciones originales de la AASHO que datan de 1961, producto de las pruebas en Ottawa,

Illinois, con tramos a escala natural y para todo tipo de pavimentos. La versión de 1986 y la actual de 1993 se han modificado para incluir factores o parámetros de diseño que no habían sido considerados y que son producto de la experiencia adquirida por ese organismo entre el método original y su versión más moderna, además de incluir experiencias de otras dependencias y consultores independientes.

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural SN” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la ecuación general que involucra los siguientes parámetros:

- ❖ El tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseño seleccionado, “W18”.
- ❖ El parámetro de confiabilidad, “R”.
- ❖ La desviación estándar global, “So”.
- ❖ El módulo de resiliencia efectivo, “Mr” del material usado para la subrasante.
- ❖ La pérdida o diferencia entre los índices de servicios inicial y final deseados, “PSI”.

Tránsito.

Para el cálculo del tránsito, el método actual contempla los ejes equivalentes sencillos de 18,000 lb (8.2 ton) acumulados durante el período de diseño, por lo que no ha habido grandes cambios con respecto a la metodología original de AASHTO. Solamente se aconseja que para fines de diseño en “etapas o fases” se dibuje una gráfica donde se muestre año con año, el crecimiento de los ejes acumulados (ESAL) vs. tiempo, en años, hasta llegar al fin del período de diseño o primera vida útil del pavimento. La ecuación siguiente puede ser usada para calcular el parámetro del tránsito W18 en el carril de diseño.

$$W_{18} = D_D D_L W_{18}$$

Donde:

W_{18} = Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño.

D_D = Factor de distribución direccional; se recomienda 50 % para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

W_{18} = Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.

D_L = Factor de distribución por carril, cuando se tengan dos o más carriles por sentido.

Es importante hacer notar que la metodología original de AASHTO usualmente consideraba períodos de diseño de 20 años; en la versión actual de 1993, recomienda en la tabla 2.5 los siguientes períodos de diseño en función del tipo de carretera:

Tipo de carretera	Periodo de diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30-50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20-50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15-25 años
Revestida con bajos volúmenes de tránsito	10-20 años

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT. "Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias". Publicación técnica No. 104. Sanfandila, Qro., 1998., pág. 64.

Tabla 2.5 Periodos de diseño en función del tipo de carretera.

Confiabilidad "R".

Con el parámetro de Confiabilidad "R", se trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan, durarán como mínimo el período de diseño. Se consideran posibles variaciones en las predicciones del tránsito en ejes acumulados y en el comportamiento de la sección diseñada.

El actual método AASHTO para el diseño de la sección estructural de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50 y hasta 99.9 para el parámetro "R" de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a obras que estarán sujetas a un uso intensivo, mientras que los niveles más bajos corresponden a obras o caminos locales y secundarios, como se muestra en la tabla 2.6.

NIVELES DE FUNCIONALIDAD	
Clasificación funcional	Nivel recomendado por AASHTO para carreteras
Carretera interestatal o Autopista	80-99.9
Red principal o federal	75-95
Red secundaria o estatal	75-95
Red rural o local	50-80

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT. "Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias". Publicación técnica No. 104. Sanfandila, Qro., 1998.,pág. 65.

Tabla 2.6 Valores de "R" de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales.

Desviación estándar global "So".

Este parámetro está ligado directamente con la Confiabilidad (R), descrita en el punto anterior; habiéndolo determinado, en este paso deberá seleccionarse un valor So "Desviación Estándar Global", representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito. Los valores de "So" en los tramos de prueba de AASHO no incluyeron errores en la estimación del tránsito; sin embargo, el error en la predicción del comportamiento de las secciones en tales tramos, fue de 0.25 para pavimentos rígidos y 0.35 para los flexibles, lo que corresponde a valores de la desviación estándar total debidos al tránsito de 0.35 y 0.45 para pavimentos rígidos y flexibles respectivamente.

Módulo de Resiliencia efectivo.

En el método actual de la AASHTO, la parte fundamental para caracterizar debidamente a los materiales, consiste en la obtención del Módulo de Resiliencia, con base en pruebas de laboratorio, realizadas en materiales a utilizar en la capa subrasante (Método AASHTO T-274), con muestras representativas (esfuerzo y humedad) que simulen las estaciones del año respectivas. El módulo de resiliencia "estacional" será obtenido alternadamente por correlaciones con propiedades del suelo, tales como el contenido de arcilla, humedad, índice plástico, etc.

Finalmente, deberá obtenerse un “módulo de resiliencia efectivo”, que es equivalente al efecto combinado de todos los valores de módulos estacionales. Para la obtención del módulo estacional, o variaciones del Mr a lo largo de todas las estaciones del año se ofrecen dos procedimientos: uno, obteniendo la relación en el laboratorio entre el módulo de resiliencia y el contenido de humedad de diferentes muestras en diferentes estaciones del año y, dos, utilizando algún equipo para medición de deflexiones sobre carreteras en servicio durante diferentes estaciones del año.

Pérdida o diferencia entre índices de servicio inicial y terminal.

El cambio o pérdida en la calidad de servicio que la carretera proporciona al usuario, se define en el método con la siguiente ecuación:

PSI = Índice de Servicio Presente

$$\Delta\text{PSI} = p_o - p_t$$

Donde:

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final o terminal deseado.

P_o = Índice de servicio inicial (4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para flexibles).

P_t = Índice de servicio terminal, para el cual AASHTO maneja en su versión 1993 valores de 3.0, 2.5, 2.0, recomendando 2.5 o 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.

2.2.3.2 Determinación de espesores por capas.

La siguiente ecuación puede utilizarse para obtener los espesores de cada capa, para la superficie de rodamiento o carpeta, base y subbase, haciéndose notar que el actual método de AASHTO, versión 1993, ya involucra coeficientes de drenaje particulares para la base y subbase.

$$\text{SN} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

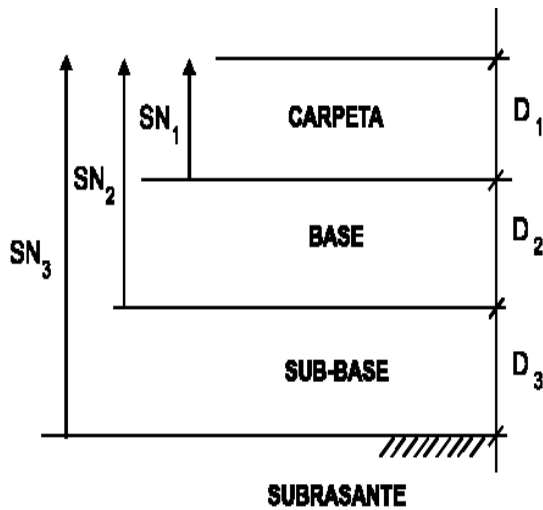
Donde:

a_1, a_2, a_3 = Coeficiente de capa representativos de carpetas, base y subbase respectivamente.

D_1, D_2, D_3 = Espesor de la carpeta, base y subbase respectivamente, en pulgadas.

m_2, m_3 = Coeficientes de drenaje para base y subbase, respectivamente.

El Método AASHTO recomienda el empleo de la figura 2.2 y las siguientes ecuaciones:



$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

Notas: 1) a, D, m y SN corresponden a valores mínimos requeridos.
2) D* y SN* representan los valores finales de diseño.

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT. "Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias". Publicación técnica No. 104. Sanfandila, Qro., 1998. pág. 72.

Fig. 2.2. Recomendación de AASHTO.

2.3 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO POR EL METODO AASHTO.

Este método está basado en los resultados de pruebas de campo realizados desde los años cincuenta, en una variedad de carreteras americanas. La ecuación fundamental AASHTO para pavimentos con losas de concreto hidráulico (pavimento rígido) resulta ser:

$$\text{Log}(w) = Z_R \cdot S_0 + 7.35 \text{Log}(D+1) - 0.06 + \frac{\text{Log}\left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right]}{\frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \text{Log}\left[\frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \left(\frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{k}\right]^{0.25}}\right)}\right]}\right]$$

Las variables principales que deben ser consideradas para un correcto diseño son:

a) Vida útil

Es el tiempo transcurrido entre la puesta en operación del camino y el momento en el que el pavimento requiera rehabilitarse.

b) Tránsito

Para el diseño se considera realizar la equivalencia entre el tránsito promedio diario anual en el carril de proyecto por el número de cargas equivalentes de un eje sencillo de 8.2 ton (80 kN).

c) Nivel de confianza

El nivel de confianza ($Z_R S_0$) tiene la función de garantizar que las alternativas adoptadas perduren durante el período de diseño.

Donde:

S_0 : Es la desviación estándar de la población de valores obtenidos por AASHTO que involucra la variabilidad inherente a los materiales y a su proceso constructivo. El rango típico sugerido por AASHTO se encuentra entre: $0.30 S_0$ 0.40

Z_R : Representa a la desviación normal estándar de la función que representa a la población transformada a una variable ponderada con el objeto de disminuir su sesgo y acercarse a una distribución normal o de GAUSS.

En la tabla 2.7 se presentan los valores recomendados dependiendo del nivel de confianza elegido de acuerdo a la importancia del camino o vialidad.

Tipo de camino	Zona urbana	Zona rural
Autopista y carreteras	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectores	80-95	75-95
Caminos vecinales	50-80	50-80

Fuente: Secretaría de Desarrollo Social. Dirección General de Ordenación del Territorio. "Manual de administración de pavimentos en vialidades urbanas". Tomo XIV. México, D.F., pág.33.

Tabla 2.7 Valores recomendados del nivel de confianza.

En la tabla 2.8 se presentan valores de Z_R para diferentes valores de confianza.

Nivel de confianza	Z_R	Nivel de confianza	Z_R
50	0	93	1.476
60	0.253	94	1.555
70	0.524	95	1.645
75	0.674	96	1.751
80	0.841	97	1.881
85	1.037	98	2.054
90	1.282	99	2.327
91	1.34	99.9	3.090
92	1.405	99.99	3.750

Fuente: Secretaría de Desarrollo Social. Dirección General de Ordenación del Territorio. "Manual de administración de pavimentos en vialidades urbanas". Tomo XIV. México, D.F., pág.33.

Tabla 2.8 Valores de Z_R .

d) Índice de Serviciabilidad

Al circular por primera vez o en repetidas ocasiones sobre una vialidad, el conductor experimenta la sensación de seguridad o inseguridad dependiendo de lo que ve y del grado de dificultad al controlar el vehículo.

La sensación de inseguridad en la entrada y salida de curvas horizontales podría deberse a una inadecuada velocidad de operación del vehículo que desaparecería simplemente reduciéndola a niveles especificados en el proyecto geométrico. Sin embargo no siempre se reduce el concepto de seguridad al respetar las velocidades de proyecto, ya que existen otros factores asociados a ella. El principal factor asociado a la seguridad y comodidad al usuario, resulta ser la calidad de rodamiento; el agarre de la llanta al piso sin excesivo vibrado o sentir de juntas, califica a la superficie del pavimento de acuerdo a una escala de valores de 0 a 5.

Ciertamente que esta calificación decrece si el usuario observa agrietamientos o deterioros sobre la superficie del camino aún sin apreciar deformaciones. La valoración de estos elementos define el concepto del Índice de Servicio Actual (PSI) “Present Serviciability Index”. El PSI cataloga a la vialidad en estudio de acuerdo a la calificación otorgada por los usuarios con aproximación al décimo de unidad como se observa en la tabla 2.9.

Calificación de intervalo	Concepto
0	Intransitable
0.1-1.0	Muy malo
1.1-2.0	Malo
2.1-3.0	Regular
3.1-4.0	Bueno
4.1-4.9	Muy bueno
5	Excelente

Fuente: Secretaría de Desarrollo Social. Dirección General de Ordenación del Territorio. “Manual de administración de pavimentos en vialidades urbanas”. Tomo XIV. México, D.F., pág.33.

Tabla 2.9 Calificación otorgada a la vialidad por parte de los usuarios.

El diseño estructural basado en la serviciabilidad, considera necesario determinar los índices de servicio inicial (P_o) y el índice de servicio terminal (P_t) para la vida útil o de diseño del pavimento.

El índice de servicio inicial (P_o) se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación. AASHTO estableció para pavimentos rígidos un valor inicial deseable P_o de 4.5 si no se tiene información disponible para diseño.

El índice de servicio terminal (P_t) ocurre cuando la superficie del pavimento ya no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario. Dependiendo de la importancia de la vialidad los valores del P_t pueden considerarse los indicados en la tabla 2.10.

Pt	Clasificación
3	Autopista
2.5	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

Fuente: Secretaría de Desarrollo Social. Dirección General de Ordenación del Territorio. “Manual de administración de pavimentos en vialidades urbanas”. Tomo XIV. México, D.F., pág.34.

Tabla 2.10 Índice de servicio terminal (P_t).

La pérdida de serviciabilidad se define como la diferencia entre el índice de servicio inicial y Terminal:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

e) Drenaje

El término drenaje a que se refiere el método AASHTO (1986) es la propiedad con que cuentan las capas que constituyen la estructural del pavimento para liberar el agua libre entre sus granos, en función del tiempo durante el cual la estructura del pavimento está normalmente expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación. En la tabla 2.11 se tabulan los valores recomendados por la AASHTO aplicables a pavimentos rígidos.

C _d	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación.			
		Menos a 1%	1-5 %	5-25%	Mas de 25 %
Excelente	2 hrs.	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Fuente: Secretaría de Desarrollo Social. Dirección General de Ordenación del Territorio. “Manual de administración de pavimentos en vialidades urbanas”. Tomo XIV. México, D.F., pág.35.

Tabla 2.11 Valores recomendados del coeficiente de drenaje C_d para el diseño.

f) Coeficiente de transferencia de cargas

El mecanismo de transferencia de carga en la junta transversal entre losas y losa se lleva a efecto de las siguientes maneras:

- 1) Junta con dispositivos de transferencia de carga (pasajuntas de varilla lisa de acero) con o sin malla de refuerzo por temperatura.
- 2) Losa colada monolíticamente con refuerzo continuo, (acero de refuerzo de varilla corrugada armada en ambas direcciones) no se establece virtualmente la junta transversal, tomándose en cuenta para el cálculo del acero estructural la remota aparición de grietas transversales.
- 3) Junta transversal provocada por aserrado cuya transferencia de carga se lleva a efecto a través de la función entre los agregados.

Mediante la realización de pruebas de placa in situ directamente sobre la capa subrasante ya construida, se determina su resistencia expresada como módulo de reacción k. Dicho valor es determinado a través de una prueba de placa circular de 30” (76.2 cm) de diámetro.

h) Módulo de elasticidad ó resistencia a la tensión por flexión.

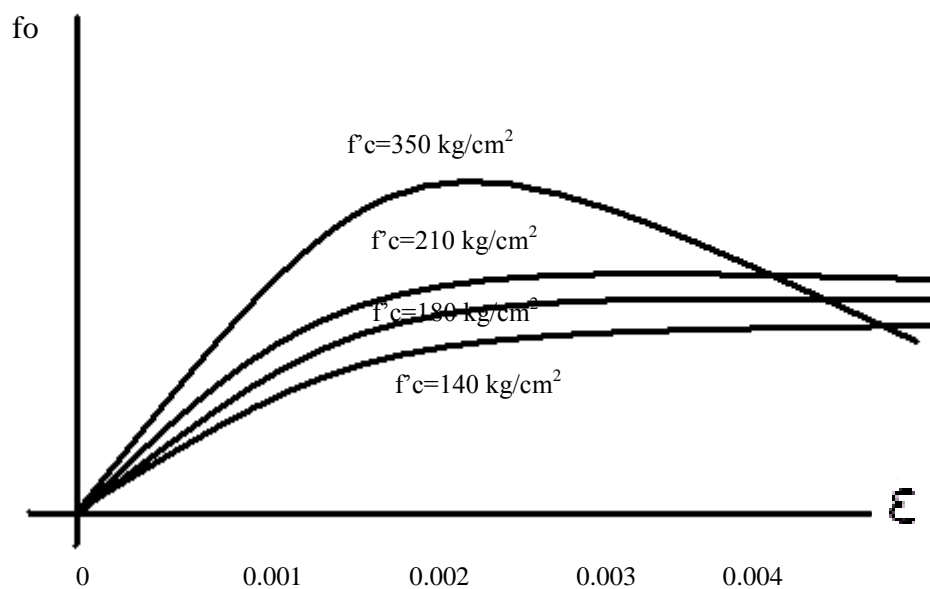
El concreto no es un material elástico es decir:

- 1) Las deformaciones unitarias no son proporcionales a los esfuerzos que soporta el material.
- 2) Para una carga fija determinada se presenta una variación continua de la deformación unitaria; dicha variación aumenta con el valor del esfuerzo y disminuye con el transcurso del

tiempo. A este fenómeno se le llama flujo plástico y es más acentuado en concreto de baja resistencia.

El diagrama esfuerzo-deformación es una curva y, en consecuencia, a cada valor de esfuerzo, correspondería otro valor del módulo de elasticidad. La pendiente inicial de la curva esfuerzo-deformación, aumenta con la resistencia máxima del concreto. La primera parte de la curva se aproxima mucho a la línea recta y puede considerarse así sin gran error, hasta valores del esfuerzo de $0.45 f'c$, correspondientes al rango usado en la teoría elástica. Después de esos valores, el diagrama se curva francamente y alcanza el punto correspondiente a la máxima resistencia, para una deformación unitaria prácticamente igual a 0.002.

La deformación unitaria correspondiente a la máxima resistencia, se conserva más o menos constante, independientemente de la fatiga de ruptura del material ensayado, como se observa en la figura 2.3.



Fuente: Secretaría de Desarrollo Social. Dirección General de Ordenación del Territorio. "Manual de administración de pavimentos en vialidades urbanas". Tomo XIV. México, D.F., pág.40.

Figura 2.3 Curva esfuerzo-deformación del concreto.

Por las anteriores razones no se puede establecer un módulo de elasticidad constante para el concreto.

Para concreto de peso normal, el Instituto Americano del Concreto sugirió.

$$E_c = 57,000 \sqrt{f'_c}$$

Donde: f'_c = Resistencia a la compresión en lb/in^2 en especímenes cilíndricos a 28 días de edad.

El ACI propone la siguiente expresión para el módulo de elasticidad E_c del concreto.

$$E_c = 4,270 w^{1.5} \sqrt{f'_c}$$

Donde f'_c : Resistencia a la compresión en kg/cm^2 en especímenes cilíndricos a los 28 días de edad.

2.4 COSTOS COMPARATIVOS DE SOLUCIONES.

Para complementar los resultados de los distintos métodos de dimensionamiento presentados en este trabajo, se hace a continuación un análisis de los costos a los que llegan las diferentes soluciones obtenidas, distinguiendo los costos de construcción inicial, los de acciones de conservación y, en forma especial, los de operación.

Para cuantificar los costos y obtener las relaciones entre secciones diseñadas, se utilizaron datos del tabulador SCT de principios de 1997, calculando exclusivamente los costos involucrados de la carpeta, la base y la subbase. En relación a los costos de conservación, se consideraron el mantenimiento rutinario preventivo, bacheo, sellado de grietas, drenaje, riegos de sello, el mantenimiento rutinario correctivo y el mantenimiento mayor, que implica acciones de reconstrucción y de refuerzo utilizando sobrecarpetas de concreto asfáltico.

El período considerado de vida útil del pavimento es de 30 años en todos los casos, estableciendo la premisa de no permitir que el Índice Internacional de Rugosidad promedio supere los 4 m/km (3.4 de ISA), con el objeto de garantizar al usuario un nivel de confort deseable a lo largo de toda la vida útil, y estableciendo un valor final de 6 m/km (2.5 de ISA). El valor de IRI, inicial para todos los casos, fue de 2 m/km (4.2 de ISA). La estimación de los costos de operación vehicular para los 6 diferentes niveles de tránsito, se basa en valores generados por trabajos de investigación que ha desarrollado el IMT.

Para encontrar las relaciones entre los costos de las secciones robustas y débiles, se decidió utilizar el concepto de “costo unitario” o “1 (uno) absoluto”; ya que el costo inicial de cada sección de pavimento para cada nivel de tránsito es diferente; esto es, el costo inicial de construcción de un pavimento para 500 vehículos diarios, obviamente es menor que el costo inicial de un pavimento diseñado para 25,000 ó 50,000 y 75,000 vehículos diarios. Para poder comparar las relaciones entre los 3 costos involucrados, se procedió a calcular el número de veces que representan los costos de mantenimiento y operación correspondientes sobre el costo inicial de construcción que se toma igual a “uno”.

En todos los casos analizados, se utilizó la misma estrategia empleada en la primera parte de este trabajo, para diseñar secciones estructurales que duren 20 años como vida inicial, extendiéndola 10 años más para lograr el total de 30 años de vida útil, por medio de un refuerzo o sobrecarpeta de concreto asfáltico, colocado sobre la sección original. Los resultados de las comparaciones de costos se muestran en las tablas 2.12, 2.13 y 2.14. La primera tabla se refiere a soluciones con pavimentos que pudieran considerarse robustos. La tabla 13, expresa lo mismo para secciones que pudieran considerarse débiles y la tabla 14, de alguna manera trata de expresar la diferencia entre ambas políticas. En todos los casos la robustez o debilidad de la sección se expresa con el número estructural equivalente SN.

Tránsito (TDPA)	Costo construcción	Costo mantenimiento	Costo operación	"SN" Final	Espesor total de grava equiv. (cm)
500	1	0.40	2	4.10	61
3,000	1	0.60	8	5.30	83
10,000	1	1.00	22	6.60	104
25,000	1	2.00	60	7.10	109
50,000	1	4.00	140	10.50	120
75,000	1	4.90	192	11.00	132

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT. “Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias”. Publicación técnica No. 104. Sanfandila, Qro., 1998, pág. 91.

Tabla 2.12 Relación entre costos para secciones robustas diseñadas para 30 años.

Tránsito (TDPA)	Costo construcción	Costo mantenimiento	Costo operación	"SN" Final	Espesor total de grava equiv. (cm)
500	1	0.50	3	2.90	55
3,000	1	0.80	12	3.60	64
10,000	1	1.50	37	4.30	76
25,000	1	3.00	110	4.50	80
50,000	1	6.50	210	4.90	87
75,000	1	8.10	383	5.00	96

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT. "Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias". Publicación técnica No. 104. Sanfandila, Qro., 1998, pág. 91.

Tabla 2.13 Relación entre costos para secciones débiles diseñadas para 30 años.

Tránsito (TDPA)	Sobrecosto construcción	Sobrecosto mantenimiento	Sobrecosto operación	Dif. "SN"	Dif. espesor. (cm)
500	60%	0.10	1	1.20	6
3,000	50%	0.20	4	1.70	19
10,000	60%	0.50	15	2.30	28
25,000	60%	1.00	50	2.60	29
50,000	60%	2.50	70	5.60	33
75,000	60%	3.20	191	6.00	36

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. SCT. "Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias". Publicación técnica No. 104. Sanfandila, Qro., 1998, pág. 91.

Tabla 2.14 Diferencias entre relaciones.

Se hace evidente la recomendación de prestar especial atención cuando se diseñen pavimentos, que involucren suelos naturales difíciles o pobres en cuanto a características y resistencia y cuando el proyectista está involucrado en el diseño de vialidades que soporten altos flujos vehiculares en ambas direcciones (TDPA 10,000 o mayor).

En cuanto a los costos de construcción inicial se puede notar que, en todos los casos para los 6 diferentes niveles de tránsito, las secciones llamadas robustas diseñadas para 30 años, requieren de una mayor inversión inicial, del orden del 60 %, que lo que requieren las secciones débiles. Sin embargo, se observa que las relaciones de costos de mantenimiento que se requerirán a lo largo de la vida útil del pavimento pueden triplicarse y más cuando la sección es débil.

Para los casos de diseño de pavimentos que soportarán tránsitos pesados y muy pesados, esto es, 10,000, 25,000, 50,000 y 75,000 vehículos diarios, en ambas direcciones, se pueden apreciar diferencias significativas en los costos de operación, que compensan con creces, el costo apropiado en la construcción inicial, entre el diseño de un pavimento débil y un pavimento adecuado.

Se puede observar en las tablas 2.12, 2.13 y 2.14 que a lo largo de los 30 años, la relación entre el costo de mantenimiento y el costo inicial de construcción, siempre es mayor para las secciones débiles.

En cuanto a los costos de operación, se observan para los niveles de tránsito pesado y muy pesado (TDPA 10,000 - 75,000), secciones robustas con 22, 60, 140 y 192 veces el costo inicial de construcción; para las secciones débiles se pueden ver en los mismos niveles, costos de operación de 37, 110, 210 y 383 veces el costo inicial de construcción, lo que arroja diferencias o sobrecostos de operación de 15, 50, 70 y 191 veces respectivamente; esto es un sobrecosto adicional, que a todas luces representa una gran desventaja económica en la vida del pavimento, resultado de construir secciones escasas.

Conclusión capitular.

El proyecto del pavimento debe perseguir una optimización desde el punto de vista de la resistencia y la funcionalidad de la estructura, un costo global mínimo, que incluya los costos de construcción, conservación, rehabilitación o recuperación y operación en un período de 30 a 40 años generalmente.

De esto se desprende que de los métodos analizados y de la experiencia que se tiene de especialistas en la materia, la idea de que no existe un procedimiento fundado en una teoría general, producto de un conocimiento metodológico seguro, que permita diseñar los pavimentos. De hecho, parece que puede concluirse que no se conoce con el detalle suficiente el funcionamiento estructural de los mismos.

Además de las características funcionales y estructurales, el proyecto de los pavimentos requiere la consideración de aspectos constructivos. El análisis de costos debe contemplarse con una prevención del comportamiento del pavimento durante el período de diseño, la conservación necesaria, su costo actualizado y, finalmente una estimación de futuros refuerzos estructurales, renovaciones superficiales o reconstrucciones.

Lo anteriormente expuesto indica que en las condiciones actuales, el costo de operación del transporte y después el costo y frecuencia de las acciones de conservación y/o refuerzo deben ser el paradigma de diseño de los pavimentos, antes que el costo de construcción inicial. Obviamente esta conclusión es tanto más válida cuanto más ocupada sea la vialidad y mayor sea la posibilidad de crecer en ocupación.

CAPÍTULO 3

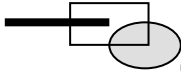
EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

3. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.

3.1 INTRODUCCIÓN.

La evaluación de los pavimentos se describe como el conjunto de actividades que se realizan para determinar las condiciones estructurales y funcionales en que se encuentra un pavimento. Constituye un aspecto que ha adquirido gran importancia en la tecnología de los pavimentos, que empiezan desde la misma ejecución de la obra, su puesta en operación y durante el ciclo de vida mediante operaciones periódicas del comportamiento del pavimento, investigando la evolución en el tiempo y en el espacio, de los deterioros, capacidad estructural calidad de rodamiento, seguridad, costos asociados a la conservación y operación del pavimento, por lo que tiene un importante papel dentro de la aplicación de los sistemas de administración de los pavimentos.

La información adquirida en el proceso de evaluación tiene aplicaciones en la verificación de la eficiencia con el que el pavimento cumple con sus funciones desde el ciclo de vida, afectar la



planeación y programación racional de las obras de mantenimiento y rehabilitación a futuro, así como la introducción de mejoras tecnológicas en los aspectos de diseño, construcción y control de calidad, mantenimiento y operación, con énfasis en los aspectos económicos y de relación con el usuario, generando a si mismo los aspectos relevantes que constituyan temas específicos de investigación.

Este capítulo revierte importancia relevante, ya que se estima que en las ciudades medias mexicanas un gran porcentaje de la infraestructura de pavimentos de la red vial básica se encuentra por abajo del nivel de rechazo, consideración que representa el hacer un diagnóstico que determine las acciones para que se renueve su vida útil.

Por esta razón se recomiendan los estudios de administración de pavimentos en las ciudades medias, con los puntos que a continuación se describen, recomendando que sean bajo la responsabilidad de técnicos conocedores de estos temas con el objeto de que las acciones estén siempre bien sustentados técnica y económicamente.

Objetivo capitular.

Describir los procedimientos para llevar a cabo periódicamente la evaluación de la condición global de los pavimentos de una manera expedita y objetiva, mediante la elaboración de un inventario general de condiciones, que auxilie a los responsables de la conservación vial en la ciudad de Mazatlán a documentar la condición de los pavimentos que componen la red vial; todo enfocado a las necesidades de planeación de las actividades de mantenimiento/rehabilitación.

3.2 INFORMACIÓN BÁSICA.

La Secretaría de Desarrollo Social, en su carácter de agente técnico, recomienda que los municipios instrumenten un procedimiento para la evaluación de la condición física actual de las vías pavimentadas de sus redes viales, primarias, secundarias y todas las vías locales transitadas por transporte público colectivo. Con el objeto de facilitar ésta instrumentación, la SEDESOL está ofreciendo a los municipios que quieran aprovecharlo, una metodología estándar para la evaluación de sus pavimentos rígidos (de concreto hidráulico), flexibles (de concreto asfáltico), o

mixto (carpeta asfáltica sobre un pavimento rígido). Por esta razón, se ha decidido incluir en esta investigación un instrumento de este tipo para poder aplicarlo a la red vial de la ciudad de Mazatlán.

El inventario general de condición que se propone, ayudará como se mencionó anteriormente a los responsables de la conservación vial a evaluar y documentar la condición de los pavimentos que componen la red de vías más importantes de la ciudad.

Este procedimiento será diseñado para llevar a cabo periódicamente la evaluación de la condición global de todas las vialidades, de una manera expedita y objetiva. Se refiere exclusivamente al estado de los pavimentos y sus propósitos, grado de precisión y alcance están relacionados con las necesidades de planeación de las actividades de mantenimiento/rehabilitación.

3.2.1 Requerimientos de personal y equipo.

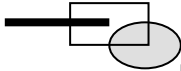
El levantamiento o inventario de datos debe realizado por equipos de evaluación (normalmente 2 a 3 equipos), previamente entrenados, a fin de asegurar la obtención de resultados reproducibles y congruentes, ya sea analizando la condición general de la red un año determinado, o bien estableciendo comparaciones y determinando tasas de evolución en relación a años anteriores.

a) Requerimientos de personal.

Cada equipo estará constituido por:

- Un chofer
- Dos calificadores.

El chofer deberá conducir el vehículo de evaluación a través del itinerario seleccionado, informando las lecturas del odómetro toda vez que sea requerido. Ambos calificadores deberán estar adecuadamente familiarizados con el procedimiento de levantamiento de datos de campo y su posterior utilización; uno de ellos actuará como apuntador, registrando las características geométricas y otros aspectos propios de las secciones y tramos evaluados, mientras que el otro



será responsable de colaborar en calificar el estado del pavimento. Los dos deben de concordar en las calificaciones asignadas a cada parámetro.

b. Requerimientos de equipo.

Para efectuar el levantamiento, cada equipo deberá contar con los elementos siguientes:

- ❖ Un vehículo de evaluación, provisto de un odómetro, mecánico o electrónico, que preferentemente facilite la determinación de progresivas y localizaciones con una precisión de 10 metros.
- ❖ Manual de Inventario General de Condición.
- ❖ Formatos de Inventario SEDESOL (figura 3.1).
- ❖ Tabla de agrimensor (Clipboard).
- ❖ Plano del itinerario previsto para hacer el levantamiento.

c) Requerimientos de seguridad.

Durante el levantamiento, la superficie de rodamiento debe ser examinada con suficiente detalle; el vehículo debe desplazarse a baja velocidad con detenciones y descenso de los evaluadores eventualmente. Por lo tanto es conveniente que por razones de seguridad se incluya también el siguiente equipamiento:

- ❖ Luces de prevención intermitentes montadas sobre el vehículo.
- ❖ Señal informativa que justifique el comportamiento anormal del vehículo en el flujo de tránsito. Para tal efecto se colocará en un lugar visible una señal con la siguiente leyenda: "EFECTUANDO MEDICIONES", junto con la identificación del municipio.

3.2.2 Estructura de la recolección de datos.

Con el objeto de facilitar las tareas de levantamiento, el procesamiento y almacenamiento de la información y su comparación posterior año a año, el inventario general de condición debe poseer una estructura que debe ser observada cuidadosamente en cada actualización. Dicha estructura responde básicamente a las siguientes premisas:

- ❖ Se establecen tres prioridades viales en base a la clasificación funcional de las vías: red primaria, red secundaria y rutas de transporte colectivo, instrumentadas cada uno de éstas en archivos independientes separados.
- ❖ El inventario de condición se organiza fundamentalmente por vía, para cada una de las que componen cada prioridad vial.
- ❖ A fin de dotar a los archivos de una mayor flexibilidad, la información puede ser fácilmente reorientada para su análisis a nivel, incorporando el concepto de tramos; estos son definidos en cada vía.
- ❖ Teniendo en cuenta que el propósito del Inventario es la planeación de actividades de mantenimiento, los tramos a los que se hace referencia son determinados también por cambios significativos en el tipo de pista, como por ejemplo, el paso de una calzada dividida (cuerpos izquierda y derecha) a una vía indivisa (cuerpo único).
- ❖ Por último, la continuidad en el espacio está asegurada al evaluar toda la longitud de la vía, diferenciando secciones homogéneas, que tengan características similares en relación con el uso que se hará de la información; esto comprende tipo de pavimento, número de carriles y condición del pavimento.

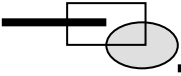
La figura 3.1 muestra, a través de un ejemplo ilustrativo, el formato desarrollado para la evaluación que facilita la recolección de los datos en el campo, su procesamiento y posterior archivo en gabinete. Se distinguen cuatro áreas de información:

A. Identificación de la vía y su localización en el sistema vial.

Esta información se prepara en gabinete previamente al inicio de las tareas de relevamiento. El coordinador del inventario, establece los itinerarios a seguir por cada uno de los equipos de evaluación diariamente, según convenga de acuerdo con la localización de la vía, suministrando los formatos preparados tal fin.

B. Identificación de secciones homogéneas en el campo.

Durante el levantamiento en el campo, el equipo de evaluación subdivide los tramos de vía en secciones homogéneas, de longitud variable hasta un máximo de 500 m delimitando las mismas



en base a lecturas del odómetro y a la denominación de las vías que la intersectan, en correspondencia con el inicio y fin de cada una de ellas. El formato permite una representación gráfica de estas secciones, proporcionando una escala de referencia en la que cada trazo vertical representa 100 m. En la sección 3.2.2.2 se detalla el proceso de selección de secciones homogéneas.

C. Levantamiento de los datos de condición del pavimento.

Para caracterizar el estado del pavimento se han definido cinco indicadores, que se entiende son los de mayor significación en el comportamiento de los pavimentos urbanos. Estos son: roturas o baches descubiertos (D1); fisuras en bloques o piel de cocodrilo (D2); otras fisuras (D3); defectos de superficie (D4); y comodidad de manejo (D5).

La condición del pavimento se establece calificando individualmente cada uno de estos parámetros, asignándoles una calificación promedio para toda la "sección homogénea", según la frecuencia o extensión de las áreas afectadas por los mismos.

D. Levantamiento de información complementaria.

Los datos de condición del pavimento se complementan con información adicional relativa al estado de banquetas y guarniciones y a la intensidad de los trabajos anteriores de mantenimiento/rehabilitación visibles en la superficie del mismo.

CUIDAD	UNIDAD RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO	VIA				Identificación del tramo			
		Última rehabilitación		Límite del tramo		km. progresivo			
		Tipo	Año	De:	De:				
		Red	Primaria	Calzada	Municipio:		De:		
			Secundaria		Delegación:		A:		A:
					Colonia:				
					No.				
		INVENTARIO GENERAL DE CONDICIÓN DE VIALIDADES, AVENIDAS Y CALLES							
	ANO DE CONSTRUCCIÓN								
	Lectura de odometro cruce con								
	Número de carriles								
	Código de tipo de pavimento								
	Rotura y baches abiertos								
	A: Área en m ²								
	B: Área en m ²								
	S: Superficial P: Profundo								
	Fisuras en bloque								
	Fisura piel de cocodrilo								
	Otras fisuras								
	Resaltamiento/superficie pulida SIMO								
	Otros defectos de superficie								
	Comodidad de manejo								
	Tipo de guaraniones								
	Porcentaje de guaraniones defectuosos								
	Porcentaje de camaliones defectuosos								
	Porcentajes de banquetas defectuosas								
	Vegetación en camellón central								
	Estatus de limpieza de vegetación								
	Señalización horizontal								
	Señalización vertical								
	Número de sumideros								
	Sumideros defectuosos								
	Otras, muebles y derechos de vía								

Figura 3.1 Formato para la recolección de datos en el campo.



3.2.2.1 Identificación de la vía y su localización.

La parte superior del formato de evaluación está reservada para la identificación de la vía y su localización dentro del sistema vial. Los diversos elementos a incorporar con este propósito, y el procedimiento para llevarlo a cabo, se detallan a continuación:

La red vial del municipio se encuentra dividida en prioridades funcionales o categorías de vías. El manejo de la información se realiza en forma independiente para cada sistema, a través de archivos separados. La categoría funcional o sistema puede ser rápidamente identificada a través de un código numérico, según sigue:

❖ Código Prioridad Vial

- (1) Red Primaria
- (2) Red Secundaria

En el formato del inventario se indica la prioridad por marcar en el cuadro, "primaria" o "secundaria" en la sección de identificación de vía. Las prioridades viales se componen de un cierto número de vías. El inventario de condición se realiza por vía y, de igual manera, la información es archivada por vía, para cada una de las que componen el sistema considerado. La identificación de cada formato de evaluación es a través de la denominación de la vía, de su clasificación vial y del tipo de superficie de rodamiento correspondiente de acuerdo con las siguientes premisas:

Código de clasificación vial.

Está representado por dos letras que indican el tipo o categoría de vía según sigue:

Código	Descripción
(AV)	Avenida
(CA)	Calle
(CE)	Cerrada

En el desenvolvimiento del inventario municipal, las autoridades deben ampliar este listado, siempre utilizando dos letras para identificar el prefijo de la vialidad.

Denominación de la vía.

La vía a levantar se identifica a través de las quince primeras letras que componen su nombre. A fin de asegurar una correcta individualización, deben referirse a los nombres oficiales de acuerdo al catastro oficial y/o planos oficiales más recientes, cuidando que se utilice el nombre actual en el caso de cambios de los nombres de vías y, respetando los cambios de nombre que frecuentemente ocurren en una vía que pasa por dos o más colonias o barrios. Debe respetarse la denominación asignada, de lo contrario se pierde la posibilidad de acceso al archivo por computadora una de ellas.

3.2.2.2 Determinación de secciones homogéneas.

La porción del formato de evaluación inmediata por debajo de la identificación de la vía, se encuentra dedicada a la identificación de secciones homogéneas dentro del tramo considerado. La determinación de estas secciones se realiza en el campo, a medida que se avanza en el levantamiento. Cada "sección homogénea" debe presentar características uniformes en relación a:

- ❖ La condición del pavimento.
- ❖ El tipo de pavimento.
- ❖ Las características geométricas de la vía (número de carriles, tipo de calzada, etc.).
- ❖ El flujo de tránsito.

La condición del pavimento se establece para cada sección homogénea, asignando una calificación promedio para cada uno de los indicadores de daños, considerando las manifestaciones visibles en la sección. La figura 3.2 ilustra, a través de un flujo esquemático, el proceso para la determinación de secciones homogéneas en el campo. A diferencia de los tramos, las secciones pueden variar año con año, ya que la condición del pavimento es dinámica.

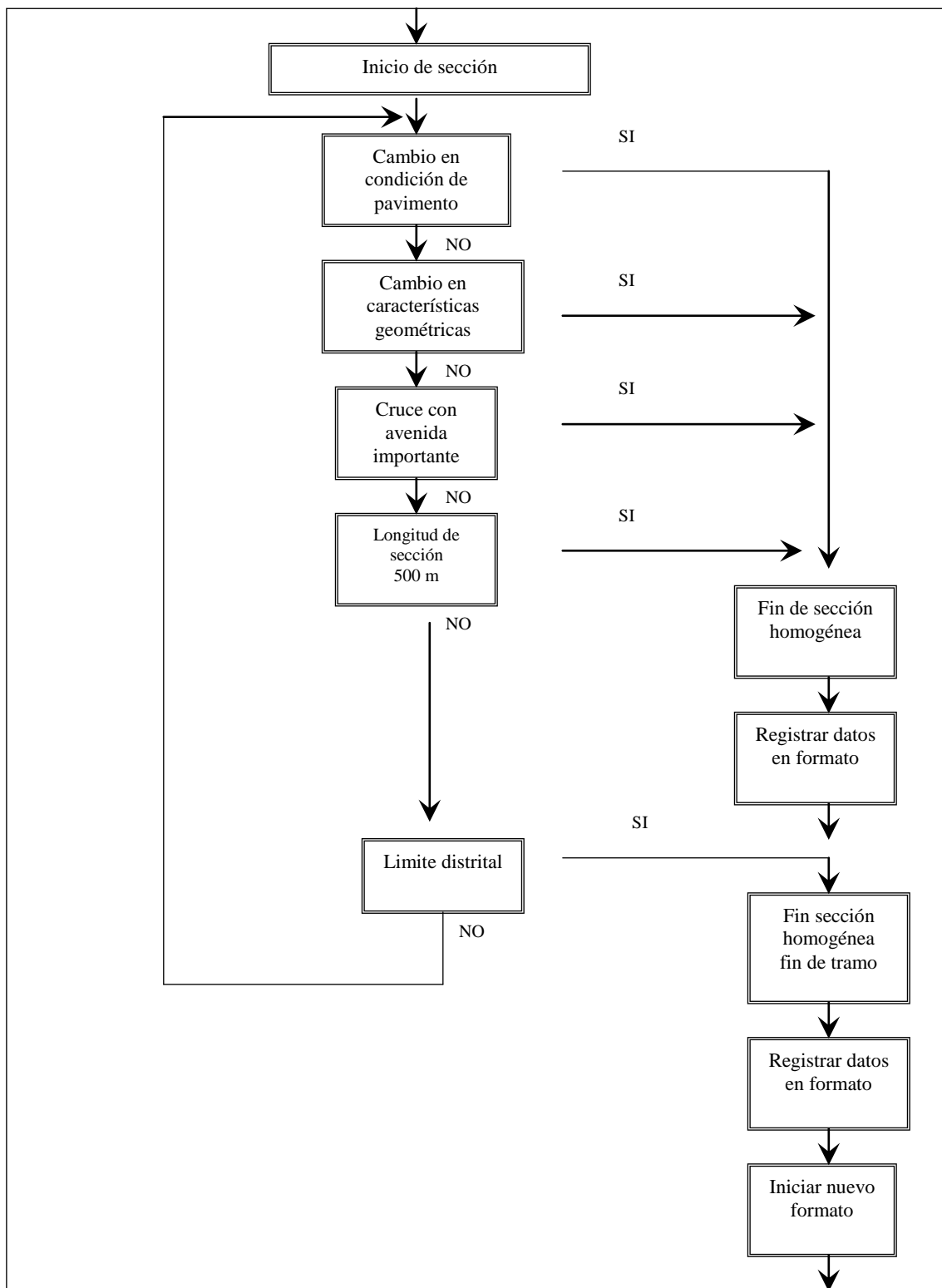


Figura 3.2 Proceso para la determinación de secciones homogéneas.

Las secciones homogéneas son individualizadas y localizadas registrando en el formato de evaluación los siguientes datos:

- ❖ Las lecturas registradas en el odómetro del vehículo, corresponden al inicio y finalización de las mismas;
- ❖ Las intersecciones que corresponden a dichas lecturas progresivas.

Otra observación de interés se refiere al cuadrículado del formato. Cada división vertical puede representar en longitud 100 m. Esto posibilita una representación gráfica de las secciones, con una escala aproximada. El operador, una vez definido el límite de la sección, traza una vertical a través del entramado del formato, en correspondencia aproximada con este límite.

El número de carriles se refiere al total de carriles identificados en la calzada evaluada. Cuando la calzada es de doble sentido de circulación, el número se expresa como una adición, tal y como se ilustra a continuación en el ejemplo comparativo siguiente, para una vía de cuatro carriles.

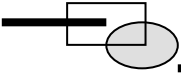
	Un sentido de circulación	Dos sentidos de circulación
Número de Carriles	4	2 + 2

Cuando no existiera una demarcación de los carriles en el pavimento, el número de carriles se estima asumiendo un ancho aproximado de 3.5 m.

En cuanto al código de tipo de pavimento, se señalan tres alternativas:

Código	Denominación
A	Asfáltico
B	Concreto
M	Mixto, combina superficie asfáltica colocada sobre losas de concreto.

La identificación de pavimentos mixtos requiere mayor cuidado, se trata de vías en las que se han ejecutado tareas de rehabilitación. La manera más precisa de identificarlos es por lo tanto, conocer los antecedentes de las obras recientes. En el terreno, los pavimentos mixtos



frecuentemente pueden detectarse a través de la reflexión de las juntas de las losas de concreto a la superficie.

3.2.2.3 Levantamiento de los datos de condición del pavimento.

Para caracterizar el estado de los pavimentos, se han seleccionado y definido los siguientes parámetros; que se entiende son los más significativos en el desempeño de los pavimentos y, constituye la generación de actividades de mantenimiento/rehabilitación, en el corto y mediano plazos:

- D1 - Roturas o baches descubiertos
- D2 - Fisuras en bloques o piel de cocodrilo
- D3 - Otras fisuras
- D4 - Defectos de superficie
- D5 - Comodidad de manejo.

Estos parámetros constituyen indicadores de daño, que permiten caracterizar el estado de una sección de pavimento desde dos enfoques distintos:

- ❖ La integridad de la estructura del pavimento, mediante la caracterización de la severidad y extensión de las fallas estructurales más significativas visibles en su superficie.
- ❖ La condición funcional de su superficie en relación a la aceptación de los usuarios, mediante la caracterización de la comodidad de manejo.

Se incluye a continuación una breve descripción de los mismos:

a) Rotura y baches descubiertos (D1)

Este indicador evalúa la presencia de baches descubiertos o desintegraciones totales en la superficie del pavimento. Se trata de daños de alta incidencia, por cuanto afectan significativamente los siguientes aspectos:

- ❖ La seguridad del tránsito.
- ❖ La comodidad de manejo de los usuarios.
- ❖ La integridad del pavimento.

Estas deficiencias generan la necesidad de reparación inmediata a través de un mantenimiento correctivo de emergencia. Los baches son inventariados contando el número de éstos en la sección, clasificándolos de la manera siguiente:

- | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| - Según severidad | (S) Superficiales | Pérdida de carpeta solamente |
| | (P) Profundos | Pérdida de carpeta + base granular |
| - Según el área afectada | (A) Área menor de 1.0 m ² | |
| | (B) Área mayor de 1.0 m ² | |

El coeficiente D1 representa la incidencia porcentual y ponderada de estos daños, medida en términos de área de la sección afectada. El operador de campo se limita a inventariar el número de baches convenientemente clasificados, mientras que el coeficiente D1 se calcula en gabinete según la fórmula siguiente, que asigna un mayor peso a los baches profundos y de mayor extensión:

$$D1 = \frac{0.7*SA+2*SB+2*(0.7*PA+2*RB)}{L*Nc*3.30} *100$$

Donde:

SA = número de baches superficiales de área menor de 1 m² (área supuesta = 0.70 m²)

SB = número de baches superficiales de área mayor de 1 m² (área supuesta = 2.0 m²)

PA = número de baches profundos de área menor de 1 m² (área supuesta = 0.70 m²)

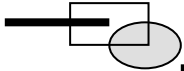
PB = número de baches profundos de área mayor de 1 m² (área supuesta = 2.0 m²)

L = longitud de la sección en m.

Nc = número de carriles en la sección (se supone de 3.30 m promedio).

b) Fisuras en bloques o piel de cocodrilo (D2)

Este indicador evalúa la presencia de fisuras en bloques (pavimentos de concreto) o tipo piel de cocodrilo (pavimentos flexibles). Estas fallas son indicativas de una avanzada degradación estructural del pavimento y se relacionan con las necesidades de reparación a corto plazo. Por falta de mantenimiento oportuno, evolucionan en forma rápida para dar lugar a baches descubiertos. Por ende, es probable que la gran parte, si no el 100 % del área afectada tendrá que



repararse una vez transcurridos 1 ó 2 años. Los programas y presupuestos de mantenimiento deben tomar esto en consideración.

Para que el inventario pueda efectuarse anualmente, no es necesario diferenciar los niveles de severidad de estos fisuramientos. El indicador D2 representa la extensión del área del pavimento cubierto con fisuras en bloques o piel de cocodrilo. Los calificadores durante el levantamiento asignan un valor variable de 0 a 4, en base a una estimación del área porcentual de pavimento afectada por estas fisuras en la sección homogénea, según la tabla 3.1:

Nivel D2	Porcentaje de la superficie afectada en la sección evaluada(*)	Descripción de la condición del pavimento.
0		Ausencia de fisuras en bloques o piel de cocodrilo en la sección
1	Mayor de 0 a 5%	Fisuración escasa, aislada y ocasional.
2	Mayor de 5 a 15%	Fisuración intermitente, se distribuyen regularmente en la sección
3	Mayor de 15 a 25%	Fisuración frecuente, afecta gran número de losas o gran parte de las huellas de canalización.
4	Mayor de 25%	Fisuración extensiva, generalizada en toda la sección evaluada.

(*) En pavimentos rígidos los porcentajes se refieren al total del área de la sección, mientras que en pavimentos flexibles y mixtos el área corresponde a huellas de canalización del tránsito.

Tabla 3.1 Valores para el indicador D2.

c) Otras fisuras (D3)

Este indicador comprende todos los tipos de fisuramientos, con excepción de las fisuras capilares en pavimentos de concreto hidráulico, dada su escasa incidencia en el comportamiento del pavimento. Las fisuras en general se relacionan con la integridad del pavimento, o al menos con la integridad de la superficie de rodamiento y su evolución en el mediano plazo.

Tratándose de pavimentos de concreto hidráulico, la evaluación comprende:

- ❖ Losas subdivididas
- ❖ Fisuras de esquina
- ❖ Fisuras longitudinales
- ❖ Fisuras transversales y diagonales
- ❖ Fisuras inducidas

- ❖ Fisuras por mal funcionamiento de las juntas.

El origen de estas fisuras responde a diferentes mecanismos de deterioro, algunos de los cuales tienen menor efecto en la futura evolución del pavimento.

d) Defectos de superficie (D4)

Este indicador comprende un conjunto de daños que afectan la superficie de los pavimentos, tanto de concreto como flexibles, y que pueden generar también actividades de mantenimiento de diversa índole. Tratándose de pavimentos de concreto, la evaluación comprende una apreciación visual de las áreas afectadas por :

- ❖ Descascaramientos
- ❖ Peladuras
- ❖ Despostillamiento de juntas.

Tratándose de pavimentos flexibles, las fallas a evaluar son:

- ❖ Peladuras
- ❖ Desintegración de bordes
- ❖ Exudación de asfaltos
- ❖ Corrimientos de mezclas asfálticas
- ❖ Ondulaciones

Se define cada una de estas manifestaciones de deterioro, estableciendo tres niveles de severidad. Para efectos de la calificación de condición, se consideran en el levantamiento aquellas deficiencias con niveles de severidad moderada a alta, exclusivamente. La calificación del área afectada se efectúa también por comparación con los estándares respectivos. Estos representan situaciones típicas a las que están asociadas diferentes frecuencias o extensión de los daños. El indicador D4 comprende valores de 0 a 4, en forma análoga a los indicadores D2 y D3 precedentes.

e) Comodidad de manejo (D5)

Este indicador tiene por objeto caracterizar la calidad funcional o de servicio del pavimento en relación con su aceptación o no, por parte de los usuarios. Pretende calificar, en definitiva, el

grado de confort o de seguridad (imputable a la condición del pavimento exclusivamente) que experimenta el usuario al transitar por la vía.

El procedimiento de calificación implica recorrer el tramo o sección de la calzada, conduciendo el vehículo a una velocidad uniforme, compatible con el tipo y función de la vía. Los calificadores evalúan globalmente la irregularidad de la superficie del pavimento (que surge como combinación de los perfiles longitudinales y transversales de la calzada) a través de los efectos que produce en la comodidad de manejo, asignando una calificación variable de 1 a 4, según la guía descriptiva que se presentan en la tabla 3.2.

Nivel D5	Condición pavimento	Guía (Calificación)
1	Buena o muy buena	Circulación confortable y segura, brinda un nivel de servicio muy satisfactorio; ocasionalmente se detectan pequeñas irregularidades que no afectan la calidad de manejo.
2	Regular	Circulación medianamente confortable; existen irregularidades en el perfil y acabados del pavimento originadas en juntas defectuosas, reparaciones mal terminadas, deformaciones localizadas, que sin imponer restricciones a la velocidad de operación afectan la comodidad de manejo.
3	Pobre	Circulación no confortable; la velocidad debe adecuarse a la condición del perfil longitudinal; frecuentes irregularidades por deficiencias varias provocan continuos golpeteos, vibración, cabeceo en la marcha del vehículo.
4	Pésima	Severo discomfort; desplazamientos y saltos provocados por continuas y severas irregularidades del pavimento, obligando no sólo a regular marcha sino también a frecuentes maniobras para anticiparse o esquivar dichos daños. Circulación peligrosa.

Nota: Se procurará circular por el carril más crítico desde el punto de vista del desempeño del pavimento (generalmente el externo). Es conveniente realizar esta evaluación en horas de bajo volumen de tránsito para poder aproximar la velocidad legal.

Tabla 3.2 Guía descriptiva para calificar la calidad funcional o de servicio del pavimento.

3.2.2.4 Levantamiento de información complementaria.

La parte inferior del formato está dedicada al levantamiento de algunos elementos complementarios de la vía, como guarniciones y camellones y, de otros factores de importancia para evaluar la condición y desempeño de un pavimento; tales como el tipo e intensidad de los trabajos de mantenimiento recibido con anterioridad, o bien las observaciones que los evaluadores consideren oportunas para el proceso de evaluación.

a) Guarniciones, camellones y banquetas.

La evaluación de la condición de estos elementos se reduce a una apreciación de la longitud porcentual de la sección, en la que éstos presentan una condición defectuosa y que, por comprometer la seguridad del tránsito o el comportamiento del drenaje pluvial, requieren reposición o mantenimiento correctivo mayor respectivamente.

b) Intensidad de los trabajos de mantenimiento/rehabilitación.

Este indicador es de utilidad para caracterizar el desempeño de los pavimentos. Cuando los pavimentos requieren actividades de mantenimiento (bacheo) muy frecuentes, es indicativo de que su capacidad estructural es insuficiente frente a las cargas del tránsito circulante, por lo que es conveniente estudiar la necesidad de su rehabilitación. Por otro lado, evaluar el comportamiento involucra apreciar su evolución o tasa de deterioro; así, una condición de regular a buena, que podría ser aceptable para un pavimento que hubiera estado expuesto al tránsito durante un prolongado período de servicio, revelaría una alta tasa de deterioro si hubiera sido rehabilitado recientemente. Por tal efecto, se han definido cuatro códigos de actividades, que caracterizan diferentes tipos de mantenimiento/rehabilitación:

Símbolo	Actividad
(B)	Bacheo
(S)	Sello asfáltico
(R)	Rehabilitación parcial
(RT)	Rehabilitación total

Las tres primeras actividades admiten establecer una frecuencia de trabajos correctivos, de acuerdo con la extensión de la superficie afectada. El código de estas actividades se complementa con un número que representa el porcentaje del área de la sección evaluada, afectada por bacheo o sellos. La calificación varía de 1 (trabajos ocasionales) a 4 (trabajos extensos o generalizados) de manera similar que para los indicadores D2 a D4.



c) Observaciones

Este espacio del formato está destinado para que los evaluadores formulen los comentarios que se consideren oportunos, pudiendo señalarse entre otros:

- ❖ Deterioro avanzado en área correspondiente a intersecciones.
- ❖ Condición del pavimento variable en forma aleatoria, dentro de la sección.
- ❖ Condición del pavimento variable de carril a carril.
- ❖ Problemas provocados por otros servicios públicos: servicios de agua potable, luz y fuerza, teléfonos, etc.
- ❖ Bordes del pavimento muy irregulares por falta de guarniciones de protección.
- ❖ Otros.

3.3 PROCESAMIENTO DEL INVENTARIO GENERAL DE CONDICIÓN.

3.3.1 Procesamiento de los formatos de evaluación.

El inventario general de condición que se propone elaborar debe contemplar dos formas de procesamiento de la información obtenida en el campo:

- ❖ El cálculo de un indicador global, el " Índice de estado" que combina en un valor único, variable de 0 a 100, los aspectos de servicio e integridad del pavimento.
- ❖ Un análisis pormenorizado de los distintos indicadores inventariados, que permita una clasificación del pavimento en función de los requerimientos de mantenimiento/rehabilitación que se estimen necesarios de acuerdo al estado actual.

Estos parámetros se calculan para cada segmento o sección homogénea de una vía, incorporando los resultados al propio formato de evaluación y a los archivos correspondientes de la base de datos proveniente del inventario.

3.3.2 Determinación del índice de estado.

Con el desarrollo de los sistemas de planeación para gerencia o administración de pavimentos, se ha generalizado el uso de índices que representan, a través de un valor numérico, la condición del pavimento. Así, se han estudiado las diversas técnicas para desarrollarlos, de manera que

respondan razonablemente a las condiciones locales y a los usos requeridos de las ciudades medias de la República Mexicana. A continuación se describen los procedimientos utilizados por SEDESOL para calcular el índice de estado de un pavimento.

3.3.2.1 Procedimientos de cálculo.

El procedimiento de la SEDESOL se basa en el criterio de valores deducibles en el que se asignan puntos a deducir de un valor ideal o perfecto, según el tipo y magnitud de los daños. La fórmula para el cálculo del índice de estado es la siguiente:

$$IE = 100 - fa * \sum_{i=1}^r d(i,e)$$

Donde:

IE = Índice de Estado, variable de 0 a 100.

fa = Factor de ajuste, función del número de daños considerados en la sección (r) y la sumatoria de los puntos a deducir ($\sum d(i,e)$), este factor tiene en cuenta el efecto no totalmente aditivo de la combinación de daños, variando entre 0.5 y 1 según la intensidad con que se presentan las zonas deterioradas en la superficie de rodamiento: generalizadas (>30% long), seis zonas aisladas amplias, tres zonas aisladas pequeñas, etc. (Nota: El Instituto de Asfalto en las Series de Manuales, MS-4, edic. 1989, considera **fa=1**).

r = Números de daños observados en la sección, variable de 0 a 5

d = Puntos a deducir, función del tipo de daño (Di) y el nivel de extensión asignado al mismo (valor asignado a Di)

La secuencia de cálculo del índice de estado se resume en los pasos siguientes:

1. Determinar los puntos a deducir por concepto de D1, "baches descubiertos".

Se calculará en primer lugar el indicador D1 en función del número de baches inventariados, empleando la fórmula indicada anteriormente para este fin.

Los puntos a deducir por este concepto, d1, se determinan aplicando la siguiente relación:

$$\begin{aligned} d1 &= 0 && \text{para } D1 < 0.10 \\ d1 &= 45.802 + 38.81 \log_{10} D1 && \text{para } D1 > 0.10 \end{aligned}$$

2. Determinar los puntos a deducir por conceptos de D2, "Fisuras en bloques o piel de cocodrilo".

Los puntos a deducir por este concepto, d2, se determinan con base en la tabla 3.3:

Clasificación D2	0	1	2	3	4
(% área afectada)	(-)	(2.5%)	(10%)	(20%)	(40%)
Puntos a deducir d2	0	20	40	55	65

Tabla 3.3 Puntos a deducir por conceptos de D2.

3. Determinar los puntos a deducir por concepto de D3, "Otras fisuras". Los puntos a deducir por este concepto, d3, se determinan con base en la tabla 3.4:

Clasificación D3	0	1	2	3	4
(% área afectada)	(-)	(2.5%)	(10%)	(20%)	(40%)
Puntos a deducir d3	0	14	29	36	44

Tabla 3.4 Puntos a deducir por conceptos de D3.

4. Determinar los puntos a deducir por concepto de D4, "Defectos de superficie". Los puntos a deducir este concepto, d4, se determinan con base en la tabla 3.5:

Clasificación D4	0	1	2	3	4
(% área afectada)	(-)	(2.5%)	(10%)	(20%)	(40%)
Puntos a deducir d4	0	8	15	20	30

Tabla 3.5 Puntos a deducir por conceptos de D4.

5. Determinar los puntos a deducir por concepto de D5, "Comodidad de manejo". Los puntos a deducir por este concepto, d5, se determinan con base en la tabla 3.6:

Clasificación D5	1	2	3	4
Puntos a deducir d5	0	10	20	30

Tabla 3.6 Puntos a deducir por conceptos de D5.

6. Calcular la sumatoria de puntos a deducir (SDP).

$$SDP = \sum_{i=1}^r d(i,e) = d1 + d2 + d3 + d4 + d5$$

7. Determinar el "número de danos" que generan puntos a deducir (r). El valor de r es la suma de los indicadores que generan puntos a deducir, di mayores de 5. Cuando todos proveen puntos a deducir mayores de 5, es decir, r = 5.

8. Determinar los "factores de corrección fa".

9. Verificar que fa (SDP) no resulte inferior a cada uno de los puntos deducibles considerados individualmente, es decir:

$$d_i < fa (SDP) \text{ (para } i = 1 \text{ hasta } 5 \text{)}$$

De presentarse esta situación, se reemplaza "fa (SDP)" por el valor de di correspondiente.

10. Determinar el índice de estado en base a lo parámetros calculados.

Habiendo calculado los parámetros previos, se determina el índice de estado aplicando la fórmula:

$$IE = 100 - fa (SDP)$$

11. Registrar el valor calculado en el formato de evaluación, en correspondencia con la sección respectiva.

3.3.2.2 Interpretación de los resultados.

El índice de estado es un indicador global, apropiado para descubrir la condición del pavimento, el nivel de servicio que ofrece y, para estimar indirectamente un rango de costos de operación vehicular de los usuarios. En la tabla 3.7, se establece una guía para interpretar los resultados obtenidos. Un índice de estado de 100 indica un pavimento excelente, sin fallas visibles en su superficie. El valor de 0, en el otro extremo, es la calificación más baja posible. Una condición deficiente, en la cual el pavimento requiere rehabilitación o reconstrucción, está determinada por un índice de estado inferior a 40. A su vez, el índice de estado está asociado estadísticamente a la determinación de necesidades de mantenimiento y rehabilitación, según se describe más adelante.

3.3.3 Clasificación según el tipo de acción.

A través de la metodología que se describe a continuación, las vías pueden clasificarse de acuerdo a su estado, en cinco categorías o clases, asociadas a diferentes programas de acción. La clasificación del pavimento se efectúa en base a un algoritmo de decisión que analiza separadamente las calificaciones asignadas a los indicadores D1 a D5, es decir, efectuando un análisis paramétrico. Como resultado, se asigna a cada sección de pavimento una estrategia o programa de acción conveniente o recomendable en función del estado del pavimento. Obviamente, otras consideraciones deben tenerse en cuenta también al formular los programas de trabajo tales como la disponibilidad de recursos financieros, disponibilidad de proyectos, etc.

Las cinco categorías de acción son las siguientes:

A - Mantenimiento preventivo.

B - Mantenimiento correctivo.

C - Mantenimiento mayor.

(1) Condición dudosa, mantenimiento correctivo mayor.

(2) Sellado de superficie.

(3) Recapado delgado.

D - Rehabilitación - refuerzo estructural.

E - Rehabilitación - reconstrucción.

3.3.3.1 Algoritmo para seleccionar la categoría de acción.

El algoritmo desarrollado para la selección de la estrategia o programa de acción, se ha preparado combinando los indicadores de deterioro D1 a D5 y el índice de estado. La repetición del cálculo para cada una de las secciones homogéneas en que se ha subdividido la red vial principal, hace necesario su procesamiento por computadora; por ello, el algoritmo se presenta en una secuencia lógica apropiada para determinarse por computadora.

ÍNDICE ESTADO	NIVEL DE SERVICIO	COSTOS DE LOS USUARIOS	DESCRIPCIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
100-90	Muy bueno	Costos de operación de referencia (100%)	Pavimento en condiciones muy buena; circulación muy confortable, superficie uniforme. No se observa daños o eventualmente estos son ocasionales y poco significativos
80-70-60	Bueno a regular	Ligero incremento, costos de operación 105 a 120 %.	Pavimento en condición buena a regular; circulación confortable. Se observa fallas incipientes aunque de tipo localizado.
50-40	Regular a malo	Significativo incremento de costos de operación 120 a 150 %	Pavimento en condición regular, circulación poco confortable. Daños manifiestos y frecuentes. El pavimento se aproxima al de su vida útil, requiere una inspección detallada
30	Malo a muy malo	Altos costos de operación 130 a 150 %	Pavimento en condición deficiente, circulación no confortable. Daños en proceso de generalización. El pavimento está alcanzando su vida útil.
20-10	Muy malo a pésimo	Muy altos costos de operación 145 a 170 %	Condición deficiente, circulación pésima. Daños completamente generalizados e irreversibles.

Tabla 3.7 Inventario general de condición "nivel de servicio".

La selección se realiza en base al siguiente análisis:

a) Rehabilitación – reconstrucción.

Esta categoría de acción se asigna cuando se presenta alguna de las condiciones siguientes:

- ❖ $D2 = 4 \ \& \ IE < 30$
- ❖ $D2 > 2 \ \& \ (D2 + D3) > 6 \ \& \ IE < 25$
- ❖ $D2 > 2 \ \& \ (D1 + D2) > 6 \ \& \ IE < 25$
- ❖ $IE < 20$

b) Rehabilitación - refuerzo estructural.

Esta categoría de acción se asigna cuando se presenta alguna de las condiciones siguientes:

- ❖ $D2 = 4$
- ❖ $D2 > 2 \ \& \ (D2 + D3) > 5$
- ❖ $D3 > 3 \ \& \ (D1 + D2) > 3$
- ❖ $D3 = 3 \ \& \ IE < 40$
- ❖ $IE < 30$

C) Mantenimiento mayor, refuerzo delgado.

Esta categoría de acción se asigna cuando se presenta alguna de las condiciones siguientes:

- ❖ $(D2 + D3) > 4 \ \& \ IE < 55$
- ❖ $D2 > 3 \ \& \ IE < 40$
- ❖ $(D1 + D2) > 4 \ \& \ IE < 55$
- ❖ $D5 > 3 \ \& \ (D1 + 0.5 * D2) < 2$

d) Mantenimiento mayor; sellado asfáltico de superficie.

Esta categoría de acción se asigna cuando se presenta alguna de las condiciones siguientes:

- ❖ $D4 > 4 \ \& \ IE < 65$
- ❖ $(D1 + D2) > 3$
- ❖ $(D2 + D3) > 4$

e) Mantenimiento mayor - mantenimiento correctivo mayor.

Esta categoría de acción se asigna a pavimentos en condición dudosa, que requiere al menos una inspección adicional, cuando se presenta la condición:

- ❖ $IE < 60$

f) Mantenimiento correctivo.

Esta categoría de acción se asigna cuando se presenta alguna de las condiciones siguientes:

- ❖ $(D1 + D2) > 0$
- ❖ $(D3 + D1) > 2$

g) Mantenimiento preventivo.

Esta categoría de acción se asigna cuando la sección no fue clasificada en alguna de las categorías precedentes.

3.3.4 Presentación de resultados.

Las categorías y programas de acción definidos se detallan en la tabla 3.8, "Inventario general de condición-categorías de acción", complementándolos con una descripción del estado del pavimento y los alcances de los mismos. Asimismo, se incluye una relación aproximada entre estas categorías y el índice de estado. Esta clasificación es la base para establecer necesidades de mantenimiento y rehabilitación. Las normas de calidad están asociadas a dichas categorías.

Los procesamientos descritos en los incisos precedentes pueden efectuarse tanto en forma manual como por computadora. Obviamente las posibilidades de actualización y presentación de resultados, en términos prácticos de tiempo y esfuerzo requeridos, son mayores si se instrumenta un sistema computarizado y se mantiene una base de datos. Los resultados del inventario general de condición pueden presentarse en la siguiente forma:

RANGO DE ÍNDICE ESTADO	CATEGORÍA DE ACCIÓN*	DESCRIPCIÓN
100 A 85	A Mantenimiento mínimo	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente puede requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo.
85 A 60	B Mantenimiento Correctivo	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.
60 A 40	C Mantenimiento intensivo	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo. Comprende tres tipos de acciones: (1) condición dudosa, mantenimiento correctivo mayor, (2) sellado de superficie, (3) reencarpetado delgado.
40 A 25	D Rehabilitación, Refuerzo estructural	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.
Menor de 25	E Rehabilitación, Reconstrucción	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas, que requieren una rehabilitación mayor probablemente con altos porcentajes de reconstrucción en el corto plazo.

* En todos los casos no se descarta la necesidad de llevar a cabo acciones de emergencia tales como reparaciones por servicios públicos y otras causas que pudieran dar origen a fallas localizadas inesperadas.

Tabla 3.8 Inventario general de condición "categoría de acción".

A modo de ejemplo, las categorías de acción señaladas se pueden representar por los colores de identificación siguientes:

A - Mantenimiento preventivo.	Azul
B - Mantenimiento correctivo.	Verde
C - Mantenimiento intensivo.	Amarillo
D - Rehabilitación refuerzo estructural.	Anaranjado
E - Rehabilitación reconstrucción.	Rojo.

Las acciones homogéneas se representan en un plano, identificándolas con el color respectivo según la categoría asignada a la misma. El plano permite visualizar rápidamente el estado de la red al momento de la evaluación, así como seleccionar tramos o proyectos en condición crítica. Es una valiosa ayuda para apreciar la evolución a través de evaluaciones sucesivas de la condición de cada uno de los sistemas viales que componen la red.

3.3.4.1 Plano de condición general de la red.

Se puede elaborar un plano de las vías que componen la red vial principal, clasificándolas según el sistema vial al que pertenecen (red primaria, red secundaria y rutas de transporte público colectivo) y el arreglo ó disposición de calzadas de su sección transversal. Se debe adjuntar el plano correspondiente al inventario.

3.3.4.2 Presentación "Inventario general de condición".

Este formato condensa la información obtenida del inventario de condición, mostrándola por vía, separadamente para cada uno de los sistemas viales de la red, tal como se aprecia en la figura 4.6. Obsérvese que se destacan el nombre, código y secciones que componen la vía, incluyendo además, indicadores del estado del pavimento, índice de estado e información complementaria.

3.3.4.3 Resumen de condición de la red.

Para una rápida interpretación de los resultados por los encargados de la administración de mantenimiento se presentan:

a) Formatos condición de la red por sistema.

b) Presentación gráfica.

A manera de ejemplo, se presenta la tabla 3.9, en la que aparecen las acciones de mantenimiento recomendadas para las vialidades de una ciudad; esto debe realizarse para todo el sistema vial, desglosado por:

- ❖ Red primaria.
- ❖ Red secundaria, y
- ❖ Rutas de transporte público colectivo.

EVALUACIÓN DE LA VIALIDAD PRINCIPAL DE LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SON.													
ÍNDICE DE ESTADO PAVIMENTOS													
No	NOMBRE DE CALLE O CALLES	TRAMO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Av. Noroeste y Circuito int. Poniente	de Robles a Valdivieso	AMR	AMR	MS	M	MS	M	MS	MS	M	MS	M
2	Av. Lázaro Cárdenas	de Noroeste a Perisur	MS	M	MS	RE	MS	MR	MS	MS	M	MS	M
3	Av. López Portillo	de Noroeste a Blv. Morelos	M	M	M	M							
4	Av. Ignacio Zaragoza	de Reforma a Noroeste	M	M	MS	MS	ME	MS					
5	Veracruz	de Reforma a Blv. Rodríguez	M	M	M	M	M	M	MS				
6	Gómez Morin	de Ciudad San Ignacio a Perif. Ote	M	M	M	M	ME	M	MR				
7	Av. Madrid	de Atenea a Neptuno	O/A	O/A	O/A	O/A	O/A	M	M				
8	Av. Reforma	de Av. Juárez a Centenario	ME	ME	ME	MS	MS						
9	Av. Miguel de la Madrid	de Av. Colón a Pitágoras	M	M	M	M	M	M	M				
10	Av. Insurgentes	Perinorte a Perif. Sur	MR	MR	M	M	M	M					

RR RECONSTRUCCIÓN RE REHABILITACIÓN/REF. ESTRUCT.
 MR MANTENIMIENTO MAYOR/REFUERZO DELGADO
 MS MANTENIMIENTO MAYOR/SELLADO M MANTENIMIENTO NORMAL/DE RUTINA
 A PAVIMENTACIÓN NUEVA
 O EN OBRA

Tabla 3.9 Acciones de mantenimiento recomendadas para las vialidades de una ciudad.

Conclusión capitular.

Debido a las condiciones actuales de la red vial de la ciudad de Mazatlán, es necesario un procedimiento orientado fundamentalmente a establecer la condición del pavimento de la red vial de la ciudad. En base a esta condición, puede estimarse el tipo de acción de mantenimiento o rehabilitación requerido a corto o mediano plazo. Dicho procedimiento debe incluir, como ya se

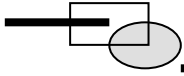
desarrollo a lo largo de este capítulo, un inventario general de condición que comprenda las siguientes etapas:

- ❖ Recolección de datos en el campo.
- ❖ Procesamiento de la información de campo.
- ❖ Archivo y presentación de la información.
- ❖ Utilización de la información.

La implementación de un inventario general de condición propuesto y desarrollado en esta investigación, tiene como finalidad satisfacer algunas necesidades de información en el proceso de planeación del mantenimiento y rehabilitación vial que se tiene actualmente en la ciudad de Mazatlán.

Por lo cual se puede concluir que es necesario:

- ❖ Establecer la condición general de la red vial, clasificando el estado de los pavimentos según las manifestaciones de deterioro visibles en su superficie y el servicio que, en consecuencia, ofrecen al usuario.
- ❖ Indicar la rapidez con que evolucionando la condición de los pavimentos, a manera de apreciar el efecto de las estrategias o políticas de mantenimiento/rehabilitación, adoptadas durante un cierto período. Este objetivo se alcanza a través de la comparación de los resultados de los levantamientos de datos sobre el tiempo.
- ❖ Apreciar las necesidades globales de la red vial en materia de mantenimiento y rehabilitación, facilitando una estimación de cuánto se requiere y dónde, para llevar la red a cierto nivel o estándar deseable. Estas necesidades surgen de interpretar los datos de condición, efectuando la comparación entre:
 - El estándar funcional y los niveles máximos o mínimos establecidos previamente por la administración del municipio para cada categoría de vía;
 - El estado de la vía en relación con dichas pautas u objetivos.

- 
-
- ❖ Obtener una relación de vías o secciones que probablemente requieran trabajos de mantenimiento intensivo y/o rehabilitación, cuya diferenciación y cuantificación requieren de una evaluación más pormenorizada, complementada eventualmente con evaluación estructural por la ejecución de ensayos no destructivos.
 - ❖ Proporcionar la información básica para la formulación de políticas y programas de mediano plazo (3 a 5 años), posibilitando la definición de éstos en términos físicos (trabajos en la red) y financieros.
 - ❖ Llevar a cabo el inventario sobre la totalidad de la red vial principal del municipio, la cual comprende los pavimentos de las vías primarias y secundarias, las demás vías por donde circula el transporte público.
 - ❖ Y por último llevarlo a cabo anualmente, preferentemente con anticipación suficiente como para permitir la preparación de los programas anuales de mantenimiento.

CAPÍTULO 4

CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS

4. CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS.

4.1 INTRODUCCIÓN.

Los pavimentos se deterioran paulatinamente con el tiempo, bajo la acción del tráfico y de los elementos ambientales. Cuando aparecen los primeros signos de deterioro, deben mantenerse el nivel de seguridad y confort mediante operaciones de conservación y renovación superficial. Los bacheos y tratamientos superficiales prolongan la vida de un pavimento, pero en un periodo de tiempo más o menos largo el deterioro alcanza un nivel que hace necesario proceder, mediante técnicas de rehabilitación a restituir las cualidades perdidas.

Detectada la aparición de deterioros en un pavimento, debe hacerse un análisis profundo de los mismos que permita decidir la técnica más adecuada, que conjuntamente con criterios económicos y ambientales den solución al problema.

Se entiende por conservación de pavimentos al conjunto de trabajos necesarios para mantenerlos en condiciones aceptables de transitabilidad, procurando que su superficie de rodamiento mantenga la geometría adecuada, así como la rugosidad deseable y grado de impermeabilidad especificado, sin descuidar la estabilidad del conjunto de capas que forman el pavimento.

La estrategia de conservación (trabajos a realizar y momento para su realización) constituye una parte integral del diseño del pavimento, que en ningún caso puede ser olvidada.

Los trabajos de conservación se divide en tres partes: conservación rutinaria, conservación periódica, y reconstrucción.

La conservación rutinaria se refiere a los trabajos que se realizan de manera continua durante todos los años para seguridad de los usuarios, y funcionalidad hidráulica de la carretera. Algunos ejemplos son el bacheo aislado, la limpieza y desazolve de cunetas, chapeo del derecho de vía, limpieza y reposición de señales, repintado de marcas de pavimento, y limpieza de alcantarillas.

La conservación periódica se entiende como las acciones planeadas y previstas en el diseño cada determinado tiempo, con el objetivo de proteger la estructura del pavimento, o rescatar la calidad de rodamiento. Acciones típicas son los tratamientos superficiales, las microcarpetas, las sobrecarpetas, la recuperación en caliente, el fresado superficial, la texturización, etc.

La reconstrucción, como su nombre lo indica, implica volver a construir parcial o totalmente la sección estructural del pavimento, a fin de que cuente con la capacidad estructural adecuada para resistir el tránsito por acumularse, sin que existan modificaciones geométricas en la sección transversal. Acciones típicas son el Whitetopping, la recuperación, la modificación de materiales, la estabilización, la transformación en concreto compactado, etc.

Dentro del sistema propuesto para esta investigación involucra exclusivamente la conservación periódica y la reconstrucción, quedando fuera de sus alcances la conservación rutinaria por ser independiente de las condiciones superficiales y estructurales en que se encuentre un pavimento,

y la magnitud de la acción es constante a lo largo del tiempo, además de depender mucho más de las condiciones topográficas y climáticas.

Se hace notar que el sistema se enfoca tanto al estado superficial de un pavimento como al desempeño de su estructura, con base en la medición de una serie de parámetros, y los resultados que arroja están en función del nivel de deterioro que presenta.

Objetivo capitular

Presentar un catálogo destinado a facilitar y uniformar criterios para la identificación y recolección de información relacionada con los deterioros de pavimentos, con una orientación fundamentalmente a las labores de mantenimiento vial; así como analizar las técnicas para la conservación y mantenimiento de pavimentos, que pueden ser aplicadas de manera que respondan a las condiciones y requerimientos de la red vial de la ciudad de Mazatlán.

4.2 DETERIOROS MÁS COMUNES EN LOS PAVIMENTOS.

Se entenderá por deterioro de un pavimento como la serie de daños y manifestaciones superficiales de la capa de rodadura que perjudican la condición de circulación segura y confortable, y que a s vez son capaces de incrementar los costos de operación vehicular.

El deterioro de la superficie es cualquier indicación desfavorable del desempeño del pavimento o señales de falla inminente; cualquier desempeño poco satisfactorio de un pavimento se considera una falla.

La finalidad de integrar a esta investigación estos deterioros es como consecuencia después de haber realizado un recorrido por la ciudad, son problemas tan simples y comunes que se presentan en la red vial de la ciudad de Mazatlán. El mayor sentido y objeto de este catálogo es con la finalidad de que nuevas generaciones, funcionarios del gobierno municipal de la ciudad de Mazatlán o personal que quiera incursionar en la construcción y mantenimiento de las vialidades de la red vial de la ciudad de Mazatlán cuenten con esta información como apoyo en la realización de estas actividades y sirva de acervo informativo en el Ayuntamiento de la ciudad;

esto no es que sea la respuestas a todas las problemáticas pero si permite conocer y tener un conocimiento más claro y uniformizar criterios de las problemáticas presentadas en las diversas vialidades de la ciudad de Mazatlán.

Existen varios catálogos elaborados con los deterioros de los pavimentos como son: el Catálogo Centroamericano de Daños a Pavimentos Viales, elaborado por el Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica (COMITRAN); los catálogos elaborados por el Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica y el elaborado por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) en México, estos unifican la clasificación de daños en los pavimentos, utilizando terminologías comunes. Es frecuente que el mismo deterioro sea conocido con nombres diferentes a nivel regional, por lo que es necesario estandarizarlos a fin de ser identificados correctamente.

El catálogo es un resumen de las fallas más comunes que se encuentran en la ciudad. En cada uno de los deterioros se incluye una descripción, posibles causas, niveles de severidad, medición y un esquema representativo de la falla. También están incluidas fotografías de las fallas, para ayudar al evaluador a catalogar en campo la falla, como parte de inspecciones viales.

En lo que se refiere a las posibles causas, únicamente se presenta una indicación del origen de la falla. Siempre será necesario hacer las investigaciones pertinentes de campo, para establecer la causa definitiva del daño. Los avances tecnológicos para realizar actividades de mantenimiento, unidos con la utilización de nuevos materiales, forzan a revisar periódicamente los documentos que se relacionen con el mantenimiento vial.



Finalmente, se debe señalar que la meta principal de un programa de mantenimiento no es de reparar las fallas, mediante mantenimiento rutinario, sino más bien evitar que las fallas ocurran mediante un mantenimiento preventivo. Por eso, la mejor utilidad del catálogo ocurre cuando no sea necesario usarlo.

CATÁLOGO DE FALLAS

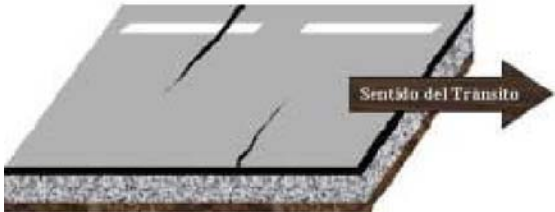

Contenido


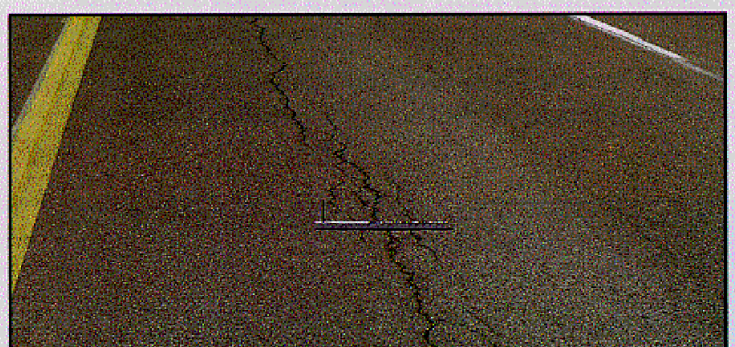
Deformaciones en los pavimentos de concreto asfáltico	91
a. Fisuras y grietas	91
a.1 Fisuras piel de cocodrilo	91
a.2 Fisuras en bloque	92
a.3 Fisura transversal	93
a.4 Fisura longitudinal	94
a.5 Fisura por reflexión de junta	95
b. Deformación superficiales de pavimentos asfálticos	96
b.1 Ahuellamiento	96
b.2 Corrimiento	97
b.3 Hundimiento	98
c. Desintegración en los pavimentos asfálticos	99
c.1 Bache	99
c.2 Peladura	100
d. Otros deterioros en los pavimentos asfálticos	101
d.1 Exudación de asfalto	101
d.2 Parchados y reparaciones de servicios públicos.	102
Daños en pavimentos de concreto hidráulico	103
e. Fisuras	103
e.1 Fisura transversal o diagonal	103
e.2 Fisura longitudinal	104
e.3 Fisura de esquina	105
e.4 Losas subdivididas	106
e.5 Fisuras en bloque	107

e.6	Fisuras inducidas	108
Deformaciones en los pavimentos de concreto hidráulico		109
e.7	Levantamiento de losas	109
e.8	Dislocamiento	110
e.9	Hundimiento	111
Desintegración en los pavimentos de concreto hidráulico		112
e.10	Descascaramiento	112
e.11	Pulimiento de la superficie	113
e.12	Peladuras	114
e.13	Bache	115
Deficiencias de juntas en los pavimentos de concreto hidráulico		116
e.14	Deficiencias en material de sello	116
e.15	Despostillamiento	117
Deficiencias en los pavimentos de concreto hidráulico		118
e.16	Fisuras por mal funcionamiento de juntas	118
Otros deterioros en los pavimentos de concreto hidráulico		119
e.17	Parchados y reparaciones para servicios públicos	119



DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
A. FISURAS Y GRIETAS	
A.1 FISURAS PIEL DE COCODRILO	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio menor a 30 cm. El fisuramiento empieza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo, cuando el pavimento es solicitado por una carga. Las fisuras se propagan a la superficie, inicialmente, como una serie de fisuras longitudinales paralelas; luego por efecto de la repetición de, evolucionan interconectándose y formando una malla cerrada, que asemeja el cuero de un cocodrilo. Ocurren necesariamente en áreas sometidas al tránsito, como las huellas de canalización del tránsito. Si la base y la sub-base son débiles, el fisuramiento será acompañado por ahuellamientos. Cuando el drenaje es inadecuado, el fisuramiento se presentará en primera estancia, en las huellas de canalización exteriores. En su etapa final, el agrietamiento se transforma en bache. La misma sección del pavimento presentará fisuras y grietas de cocodrilo, ahuellamientos y baches.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Son causadas por la fatiga que sufren las capas asfálticas al ser sometidas a las cargas repetidas del tránsito. Por lo general, el fisuramiento indica que el pavimento ya no tiene capacidad estructural de sostener las cargas de tránsito y ha llegado al fin de su vida útil. El ligante por lo general ha envejecido y por ende ha perdido la flexibilidad de sostener cargas repetidas al tránsito sin agrietarse.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Fisuras muy finas, menores de 2 mm de ancho, paralelas con escasa interconexión, dando origen a polígonos de cierta longitud; los bordes de las fisuras no presentan despostillamiento.</p> <p>M (Mediano) Fisuras finas a moderadas, de ancho menor a 5 mm, interconectadas formando polígonos pequeños y angulosos, que pueden presentar un moderado despostillamiento en correspondencia con las intersecciones.</p> <p>A (Alto) La red de fisuras ha progresado de manera de constituir una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos, con despostillamientos de severidad moderada a alta, a lo largo de sus bordes; algunas de estas piezas pueden tener movimientos al ser sometidas al tránsito y/o pueden haber sido removidas por el mismo formando baches.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: Las fisuras Piel de Cocodrilo se miden en metros cuadrados de superficie afectada. La mayor dificultad en la medición radica en que dos o hasta tres niveles de severidad pueden existir dentro de una misma área fallada. Si estas porciones pueden ser distinguidas fácilmente, una de otra, se miden y registran separadamente. Si los distintos niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la totalidad del área se califica con la mayor severidad observada.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Piel de cocodrilo</p>	


DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
A. FISURAS Y GRIETAS	
A.2 FISURAS EN BLOQUE	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Serie de fisuras interconectadas formando piezas aproximadamente rectangulares, de diámetro promedio mayor de 30 cm, con un área variable de 0.10 a 9.0 m². La fisura en bloque se presenta normalmente en un gran área del pavimento y algunas veces ocurren solamente en las áreas no afectadas por el tráfico.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Son causadas principalmente por la contracción de las mezclas asfálticas debido a las variaciones diarias de temperatura. También suelen ocurrir en pavimentos bituminosos colocados sobre bases granulares estabilizadas o mejoradas con cemento Pórtland, que se producen a raíz de la contracción eventual de la capa estabilizada, que se reflejan en la superficie del pavimento. A menudo es difícil constatar si las fisuras y grietas son debido a contracciones producidas en la capa de rodadura o en la base y sub-base. La ausencia de tráfico tiende a acelerar la formación de estas grietas de contracción. También se debe a cambios de volumen del agregado fino de las mezclas asfálticas con un ligante de penetración baja. Por lo general, el origen de estas fisuras no está asociado a las cargas de tráfico; sin embargo, dichas cargas incrementan la severidad de las fisuras. La presencia de fisuras en bloques generalmente es indicativa de que el asfalto se ha endurecido significativamente.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Existen algunas de las siguientes condiciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras sin sellar, de ancho promedio a 2 mm con presencia de despostillamiento menor. • Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condiciones satisfactorias que no permiten la filtración de agua <p>M (Mediano) Existen algunas de las siguientes condiciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 2 y 5 mm. • Fisuras sin sellar de ancho promedio menor de 5 mm con presencia de despostillamiento menor. • Fisura sellada de cualquier ancho, sin despostillamiento o cuando éste es breve, pero el material de sello esta en condiciones insatisfactorias. <p>A (Alto) Existen algunas de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras sin sellar, de ancho promedio a 5 mm. • Fisuras con presencia de despostillamientos severos. 	
<p>4. MEDICIÓN: Las fisuras en bloque se miden en metros cuadrados de superficie afectada. Normalmente ocurre a un nivel de severidad en una sección del pavimento, pero cuando se observe diferentes niveles de severidad se miden y registran separadamente, en caso que no se puedan diferenciar, la totalidad del área se califica con la mayor severidad observada.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Nivel de severidad variado.</p>	



DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
A. FISURAS Y GRIETAS	
A.3 FISURA TRANSVERSAL	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Fracturación de longitud variable que se extiende a través de la superficie del pavimento, formando un ángulo aproximadamente recto con el eje de la carretera. Puede afectar todo el ancho del carril como limitarse a los 0.60 m próximos al borde del pavimento.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Las posibles causas incluyen</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, debido a un exceso de filler, envejecimiento asfáltico, etc. Particularmente ante la baja temperatura y gradientes térmicos importantes. ii. Reflexión de grietas en la capa subyacente, incluyendo pavimentos de concreto, con excepción de la reflexión de sus juntas. iii. Defectuosa ejecución de las juntas transversales de construcción de las capas asfálticas de superficie. 	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 3 mm sin ramificaciones. • Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria. <p>M (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6 mm. • Fisuras sin sellar, de ancho promedio menor de 6 mm que evidencian ramificaciones, es decir rodeadas de fisuras finas erráticas. • Fisuras selladas, de cualquier tipo, rodeadas de fisuras erráticas. <p>A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor de 6 mm. • Cualquier fisura, sellada o no, con ramificaciones constituidas por fisuras erráticas, moderadas a severas, próximas a la misma, con tendencia a formar una malla, o bien, que evidencien un despostillamiento severo. 	
<p>4. MEDICIÓN: Las fisuras transversales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su extensión, cada porción evidenciando un diferente nivel de severidad, debe ser registrada separadamente. Se totaliza el número de metros lineales observados en la sección o muestra.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Fisura transversal, atraviesa toda la sección de la carretera.</p>	

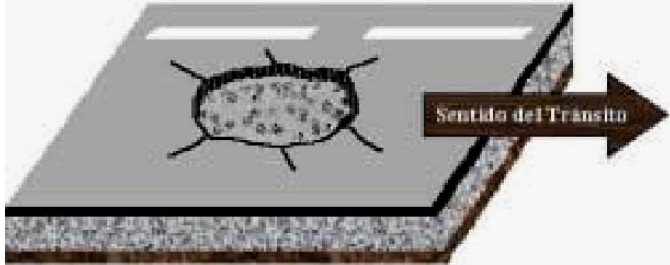

DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
A. FISURAS Y GRIETAS	
A.4 FISURA LONGITUDINAL	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Fracturación que se extiende a través de la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la carretera, pudiendo localizarse en las huellas de canalización de tránsito, en el eje o en los bordes del pavimento. La ubicación de la fisura es indicativa de la causa más probable.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Las posibles causas incluyen</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Instancias iniciales del fenómeno de fatiga por debilidad estructural, ocurren en las huellas de canalización del tránsito. ii. Defectuosa ejecución de las juntas longitudinales de construcción, al distribuir las mezclas asfálticas durante la construcción; ocurren en el eje y coincidencia con los carriles de distribución y ensanches. iii. Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, particularmente ante gradientes térmicos importantes. iv. Reflexión de fisuras causadas por grietas existentes por debajo de la superficie de rodamiento; incluyendo fisuras en pavimentos conformadas por capas estabilizadas químicamente o de concreto, usualmente se presentan combinadas con fisuras transversales. v. Deficiente confinamiento lateral, por falta de hombros y cordones o bordillos, que provocan un debilitamiento del pavimento en correspondencia con el borde. Estas, asociadas a las cargas del tránsito, ocurren a una distancia de 0.30 a 0.60 m del borde. 	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a las características de las fisuras, según la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 3 mm sin ramificaciones. • Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria. <p>M (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6 mm. • Fisuras sin sellar, de ancho promedio menor de 6 mm que evidencian ramificaciones, es decir rodeadas de fisuras finas erráticas. • Fisuras selladas, de cualquier tipo, rodeadas de fisuras erráticas. <p>A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor de 6 mm. • Cualquier fisura, sellada o no, con ramificaciones constituidas por fisuras erráticas, moderadas a severas, próximas a la misma, con tendencia a formar una malla, o bien, que evidencien un despostillamiento severo. 	
<p>4. MEDICIÓN: Las fisuras longitudinales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su extensión, cada porción evidenciando un diferente nivel de severidad, debe ser observada en la sección o muestra.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Fisura longitudinal a lo largo del sentido del tránsito</p>	

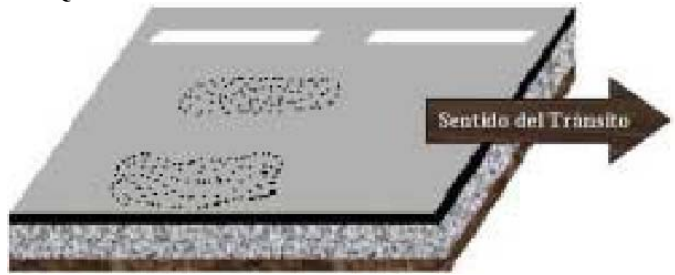

DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
A. FISURAS Y GRIETAS	
A.5 FISURA POR REFLEXIÓN DE JUNTA	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Se presentan sólo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento de concreto con juntas. Consiste en la propagación ascendente hacia la superficie asfáltica, de las juntas del pavimento de concreto. Como consecuencia, por efecto de la reflexión, se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales que tienden a reproducir las juntas longitudinales y transversales de las losas inferiores.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Son causadas principalmente por el movimiento de las losas de concreto, como resultado de cambios de temperaturas o cambios en los contenidos de humedad. Las grietas por reflexión se propagan dentro de la capa asfáltica, como consecuencia directa de una concentración de tensiones; así mismo, si por la aplicación de las cargas de tránsito las losas experimentan deflexiones verticales importantes en las juntas, la reflexión se produce con mayor rapidez. El tránsito puede producir la rotura de la capa asfáltica en la proximidad de las fisuras reflejadas, resultando en peladuras y eventualmente baches.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a las características de las fisuras, según la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 5 mm sin descascaramiento o despostillamiento de sus bordes. • Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria; no provocan golpeteo cuando se circula en vehículo sobre el pavimento. <p>M (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 5 y 15 mm. • Fisuras sin sellar, hasta 5 mm de ancho y/o selladas de cualquier ancho, que evidencien leve despostillamiento de sus bordes y/o están rodeadas por fisuras erráticas leves muy próximas. • La fisura provoca un significativo golpeteo al vehículo cuando se circula sobre el pavimento. <p>A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cualquier fisura, sellada o no, rodeada por un moderado o severo agrietamiento de la superficie, o que evidencie rotura y desprendimiento de parte del material asfáltico en la proximidad de la misma. • Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor a 15 mm. • La fisura provoca un severo golpeteo en el vehículo cuando se circula sobre el pavimento. 	
<p>4. MEDICIÓN: Las fisuras por reflexión de juntas se miden en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada fisura se registra separadamente; se totalizan los metros lineales registrados para cada nivel de severidad en la sección.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Fisura por reflexión de juntas.</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
B. DEFORMACIÓN SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
B.1 AHUELLAMIENTO	
1. DESCRIPCIÓN: Depresión longitudinal continua a lo largo del rodamiento del tránsito, de longitud mínima de 6 m.	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Las repeticiones de las cargas de tránsito conducen a deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o en la subrasante. Cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeño, las deformaciones ocurren en las capas superiores del pavimento; cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en la subrasante. Las deformaciones resultan de una compactación o movimiento lateral de los materiales (fluencia plástica o punzonamiento por corte), ambos por efecto de tránsito. El ahuellamiento indica una insuficiencia estructural del pavimento o una deficiente estabilidad del sistema subrasante-pavimento.</p> <p>En algunos casos se hace más evidente cuando la mezcla asfáltica se desplaza formando un cordón a cada lado del área deprimida. Las causas posibles incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Las capas estructurales pobremente compactadas. ii. Inestabilidad en bases y sub-bases granulares, creada por la presión del agua o saturación de la misma. iii. Mezcla asfáltica inestable iv. Falta de apoyo lateral por erosión del hombro. v. Capacidad estructural del pavimento con espesores deficientes de las capas que lo integran. vi. Técnica de construcción pobre y un bajo control de calidad. vii. Utilización de materiales no apropiados o de mala calidad. viii. La acción del tránsito (sobrecargas y altos volúmenes de tránsito no previstos en el diseño original). ix. El acompañamiento por levantamiento adyacente a los ahuellamientos, que indica que hay fallas en las capas superiores del pavimento. x. Estacionamiento prolongado de vehículos pesados. xi. Exceso de ligantes de riegos. 	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: La severidad del ahuellamiento se determina en función de la profundidad de la huella, midiendo ésta con una regla de 1.20 m de longitud colocada transversalmente al eje de la carretera; la medición se efectúa donde la profundidad es mayor, promediando los resultados obtenidos a intervalos de 3 m a lo largo de la huella. Se identifican tres niveles de severidad:</p> <p>B (Bajo) La profundidad promedio es menor de 10 mm. M (Mediano) La profundidad promedio es entre 10 y 25 mm. A (Alto) La profundidad promedio es mayor de 25 mm.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: Las fisuras por reflexión de juntas se miden en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada fisura se registra separadamente; se totalizan los metros lineales registrados para cada nivel de severidad en la sección.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Ahuellamiento.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Agua empozada en las calles.</p> </div> </div>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
B. DEFORMACIÓN SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
B.2 CORRIMIENTO	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Distorsiones de la superficie del pavimento por desplazamiento de la mezcla asfáltica, a veces acompañados por levantamientos de material formando "cordones", principalmente laterales, o bien por desplazamiento de la capa asfáltica sobre la superficie subyacente, generalmente acompañada de un levantamiento hacia el eje de la carretera. Típicamente puede identificarse a través de la señalización horizontal del pavimento, observando demarcación de los carriles, por efecto de corrimiento.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Los desplazamientos son ocasionados por las cargas del tránsito, actuando sobre mezclas asfálticas poco estables, ya sea por exceso de asfalto, falta de vacíos, o bien, por falta de confinamiento lateral. La inadecuada ejecución del riego de liga o imprimación no permite una adecuada adherencia entre la capa asfáltica de rodadura y la subyacente, originando mayor posibilidad de corrimiento.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) según la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) El corrimiento es perceptible, causa cierta vibración o balanceo en el vehículo, sin generar incomodidad.</p> <p>M (Mediano) El corrimiento causa una significativa vibración o balanceo al vehículo, que genera cierta incomodidad.</p> <p>A (Alto) El corrimiento causa a los vehículos un excesivo balanceo que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la seguridad de circulación, siendo necesaria una sustancial reducción de la velocidad.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: Los corrimientos se miden en metros cuadrados, registrando separadamente, de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Corrimiento.</p>	



DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
B. DEFORMACIÓN SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
B.3 HUNDIMIENTO	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Los hundimientos son causados por asentamientos de la fundación, deficiencias durante la construcción o falta de un continuo mantenimiento a los drenes. La heterogeneidad constructiva puede provocar, desde simples descensos de nivel, hasta insuficiencia de espesor o estabilidad de los materiales.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio.</p> <p>M (Mediano) Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir la velocidad de circulación.</p> <p>A (Alto) Alta incidencia en la comodidad de manejo, produce una severa incomodidad requiriéndose reducir la velocidad por razones de seguridad.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: El hundimiento se mide en metros cuadrados, registrando separadamente, según su severidad, el área afectada en la muestra o sección.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Hundimiento.</p>	

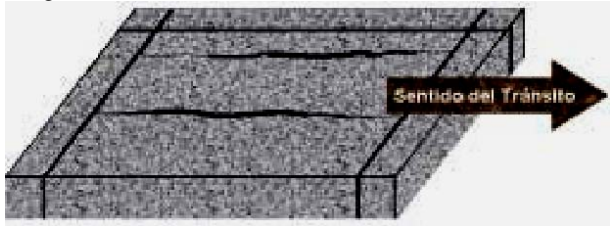

DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS																						
C. DESINTEGRACIÓN EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS																						
C.1 BACHE																						
<p>1. DESCRIPCIÓN: Desintegración total de la superficie de rodamiento que puede extenderse a otras capas del pavimento, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares.</p>																						
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento y/o fundación, o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras tipo piel de cocodrilo, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.</p>																						
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) en función del área afectada y de la profundidad del bache, de acuerdo a la siguiente tabla:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Profundidad máxima (cm)</th> <th colspan="3">Diámetro promedio del bache (cm)</th> </tr> <tr> <th>Menor a 70</th> <th>70-100</th> <th>Mayor a 100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menor de 2.5</td> <td>B</td> <td>M</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>De 2.5 a 5.0</td> <td>B</td> <td>M</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Mayor de 5.0</td> <td>M</td> <td>B</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table>				Profundidad máxima (cm)	Diámetro promedio del bache (cm)			Menor a 70	70-100	Mayor a 100	Menor de 2.5	B	M	M	De 2.5 a 5.0	B	M	A	Mayor de 5.0	M	B	A
Profundidad máxima (cm)	Diámetro promedio del bache (cm)																					
	Menor a 70	70-100	Mayor a 100																			
Menor de 2.5	B	M	M																			
De 2.5 a 5.0	B	M	A																			
Mayor de 5.0	M	B	A																			
<p>4. MEDICIÓN: Los baches descubiertos pueden medirse alternativamente: a) Contando el número de baches con niveles de severidad baja, moderada y alta, registrando estos separadamente, y b) Computando éstos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.</p>		<p>5. ESQUEMA</p> 																				
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Bache con pérdida de material de base.</p>																						

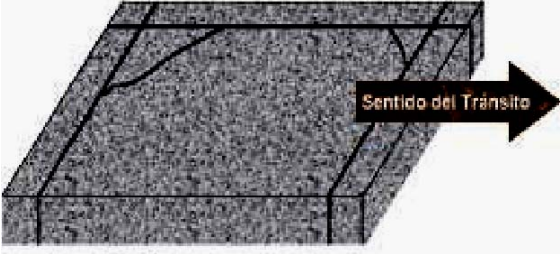

DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
C. DESINTEGRACIÓN EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
C.2 PELADURA	
<p>DESCRIPCIÓN: Desintegración superficial de la carpeta asfáltica como consecuencia de la pérdida de ligante bituminoso y del desprendimiento del agregado pétreo, aumentando la textura del pavimento y exponiendo cada vez más los agregados a la acción del tránsito y clima.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Esta anomalía es indicativa que el ligante se ha endurecido apreciablemente, perdiendo sus propiedades ligantes, o bien que la mezcla asfáltica existente es de deficiente calidad, ya sea por un contenido de ligante insuficiente, empleo de agregados sucios o muy absorbentes, como también por deficiencias durante la construcción, especialmente en tratamientos superficiales bituminosos; frecuentemente se presenta como un desprendimiento de agregados en forma de estrías longitudinales, paralelas a la dirección del riego. El desprendimiento puede ser originado también en un proceso de descubrimiento por pérdida de adherencia entre el agregado y el asfalto, cuando actúan agentes agresivos tales como solventes y otros derivados del petróleo, e inclusive, la acción del agua (pluvial).</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Pequeñas peladuras u oquedades superficiales, distribuidas erráticamente en la superficie del pavimento. El agregado y/o el ligante han comenzado a desprenderse en algunos sectores. En el caso de ataque por aceites, la superficie se ha ablandado y no puede penetrarse con una moneda.</p> <p>M (Mediano) Extensivos desprendimientos de agregados pétreos finos y/o de ligante, confieren a la superficie una textura abierta y rugosa. En el caso de ataque por aceites, la superficie se ha ablandado y puede penetrarse con una moneda.</p> <p>A (Alto) Extensivo desprendimiento de agregados pétreos gruesos y finos, confiere a la superficie una textura muy rugosa, con presencia de oquedades de máximo 10 y 15 mm de diámetro y profundidad respectivamente. En el caso de ataque por aceites, el asfalto ha perdido sus propiedades ligantes y el agregado ha quedado suelto.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: Las peladuras se miden en metros cuadrados de superficie afectada, registrando éstas separadamente según el nivel de severidad identificado para cada caso.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Peladura</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
D. OTROS DETERIOROS EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
D.1 EXUDACIÓN DE ASFALTO	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Consiste en el afloramiento de un material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento, formando una película continua de ligante, creando una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa durante el tiempo cálido.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: La exudación es causada por un excesivo contenido de asfalto en las mezclas asfálticas y/o sellos bituminosos. Ocurre en mezclas con un porcentaje de vacíos deficientes, durante épocas calurosas. El ligante dilata, llena los vacíos y aflora a la superficie, dejando una película de bitumen en la superficie. Dado que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumula en la superficie.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Se hace visible la coloración algo brillante de la superficie, por efecto de pequeñas migraciones de asfalto, aún aisladas.</p> <p>M (Mediano) Apariencia característica, con exceso de asfalto libre que forma una película continua en las huellas de canalización del tránsito; la superficie se torna pegajosa a los zapatos y neumáticos de los vehículos en días cálidos.</p> <p>A (Alto) Presencia de una cantidad significativa de asfalto libre, le da a la superficie un aspecto "húmedo", de intensa coloración negra; superficie pegajosa o adhesiva a los zapatos y neumáticos de los vehículos en días cálidos.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: La exudación del asfalto se mide en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente ésta según su severidad. Cuando se computa como "Exudación de Asfalto", dicha área no debe ser considerada como pulimiento de superficie.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Exudación de asfalto.</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
D. OTROS DETERIOROS EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
D.2 PARCHADOS Y REPARACIONES DE SERVICIOS PÚBLICOS	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con material similar o diferente, para reparar el pavimento existente. También un parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo.</p> <p>Los parchados disminuyen el nivel de servicio de la carretera, al tiempo que puede constituir un indicador tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por una carretera, como de la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En general las áreas parchadas tienen un comportamiento inferior al pavimento original y en muchos casos son el origen de una mayor rugosidad del pavimento o de nuevas fallas en el mismo o en el área adyacente, particularmente cuando su ejecución es defectuosa.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Si bien los parches por reparaciones de servicios públicos se deben a causas diferentes, los niveles de severidad se definen en forma idéntica.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) El parche se comporta satisfactoriamente, con muy poco o ningún deterioro.</p> <p>M (Mediano) El parche se encuentra moderadamente deteriorado; se evidencia un moderado deterioro alrededor de sus bordes.</p> <p>A (Alto) El parche está severamente dañado. La extensión o severidad de estos daños indican una condición de falla, siendo necesario el reemplazo del parche.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: Los parchados se miden en metros cuadrados de área afectada, registrando separadamente éstas de acuerdo con su nivel de severidad. En un mismo parche (particularmente cuando éste alcanza cierta extensión) pueden diferenciarse áreas con distinto nivel de severidad. Si una gran extensión del pavimento ha sido reemplazada en forma continua (por ejemplo reconstruyendo toda una intersección), esta área no debe registrarse como parchado.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Reparación en pavimento asfáltico.</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	
E. FISURAS	
E.1 FISURA TRANSVERSAL O DIAGONAL	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Son causadas por una combinación de los siguientes factores: excesivas repeticiones de cargas pesadas (fatiga), deficiente apoyo de las losas, asentamientos de la fundación, excesiva relación longitud / ancho de la losa o deficiencias en la ejecución de éstas.</p> <p>La ausencia de juntas transversales o bien losas con una relación longitud / ancho excesivos, conducen a fisuras transversales o diagonales, regularmente distribuidas o próximas al centro de las losas, respectivamente. Variaciones significativas en el espesor de las losas provocan también fisuras transversales.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a las características de las fisuras, según la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm. • Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm. <p>M (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm. • Fisuras de 10 mm de ancho con despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm. • Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm. <p>A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras activas de ancho promedio mayor de 10 mm. • Fisuras selladas, con despostillamientos severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm. 	
<p>4. MEDICIÓN: Una vez identificada la severidad de la fisura, esta puede medirse:</p> <ol style="list-style-type: none"> i. En metros lineales, totalizando metros lineales en sección o muestra. ii. Registrándola por losa, totalizando el número de losas afectadas por fisuras transversales y/o longitudinales. <p>Si existen dos fisuras en una misma losa, se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Fisura transversal</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	
E. FISURAS	
E.2 FISURA LONGITUDINAL	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Son causadas por la repetición de cargas pesadas, pérdida de soporte de la fundación, gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad, o por las deficiencias en la ejecución de éstas y/o sus juntas longitudinales.</p> <p>Con frecuencia la ausencia de juntas longitudinales y/o losas, con relación ancho / longitud excesiva, conducen también al desarrollo de fisuras longitudinales.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo al ancho de la fisura, condición y estado de los bordes, según la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm. • Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento. <p>M (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm. • Fisuras de hasta 10 mm de ancho acompañadas de despostillamiento y dislocamiento de hasta 10 mm. • Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm. <p>A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras de ancho mayor de 10 mm. • Fisuras selladas o no, de cualquier ancho, con despostillamientos severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm. 	
<p>4. MEDICIÓN: Una vez identificada la severidad de la fisura, esta puede ser medida:</p> <ol style="list-style-type: none"> i. En metros lineales, totalizando metros lineales en la sección o muestra. ii. En términos de número de losas afectadas, totalizando el número de estas que evidencien fisuras longitudinales. <p>Si existen dos fisuras en una misma losa, se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Fisura longitudinal</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	
E. FISURAS	
E.3 FISURA DE ESQUINA	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Es una fisura que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Son causadas por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto) combinadas con la acción drenante, que debilita y erosiona el apoyo de la fundación, así como también por una deficiente transferencia de cargas a través de la junta, que favorece el que se produzcan altas deflexiones de esquina.</p> <p>La presencia de arenas angulosas sueltas, muy próximas a la pista, hace que aumente la abrasión de las llantas que ascienden y descienden del pavimento, provocando peladuras severas que pueden conducir a la desintegración.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) considerando la severidad misma de la fisura que la origina, como el estado del pavimento comprendido por la misma y los bordes de la losa, de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) El fracturamiento es definido por una fisura de severidad baja* y el área entre ésta y las juntas no se encuentra fisurado o bien hay alguna pequeña fisura.</p> <p>M (Mediano) El fracturamiento es definido por una fisura de severidad moderada* y el área entre ésta y las juntas se encuentra medianamente fisurada.</p> <p>A (Alto) El fracturamiento es definido por una fisura de severidad alta* y el área entre ésta y las juntas se encuentra muy fisurada o presenta hundimientos</p> <p>* Ver "E.2 Fisura longitudinal"</p>	
<p>4. MEDICIÓN: Las fisuras de esquina son medidas contando el número total que existe en una sección o muestra, generalmente en término de número de losas afectadas por una o más fisuras de esquina. Se contabiliza como una losa cuando ésta:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Contiene una única fisura de esquina; ii. Contiene más de una fisura del mismo nivel de severidad; iii. Contiene dos o más fisuras de diferentes niveles de severidad; <p>En este caso se registra el nivel de severidad correspondiente a la más desfavorable.</p> <p>También puede medirse en metros lineales, totalizando metros lineales en la sección o muestra evaluada.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Fisura de esquina.</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

E. FISURAS

E.4 LOSAS SUBDIVIDIDAS

1. DESCRIPCIÓN: Fracturamiento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.

2. POSIBLES CAUSAS: Son originadas por la fatiga del concreto, provocadas por la repetición de elevadas cargas de tránsito y/o deficiente soporte de la fundación, que se traducen en una capacidad de soporte deficiente de la losa.

Quando no se toman medidas preventivas o correctivas oportunas, las "Losas subdivididas" se degeneran en "Fisuras en bloque".

3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) en base a la severidad de las fisura que detienen la malla y el número de paños en que queda dividida la losa, de acuerdo a la siguiente tabla:

* Ver "E.2 Fisura longitudinal"

5. ESQUEMA



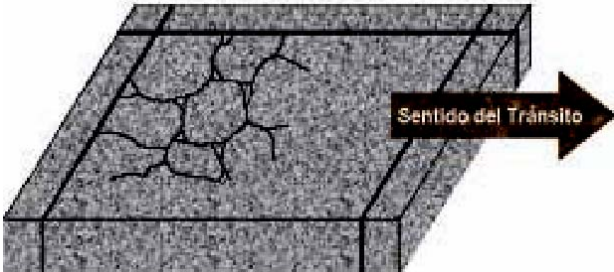

4. MEDICIÓN: Se miden contando la cantidad total que existe en una sección muestra, en términos del número de losas afectadas según su severidad. Si se registro como de severidad mediana a alta, no se cuenta otros daños que pudieran evidenciar la losa. El registro se lleva se

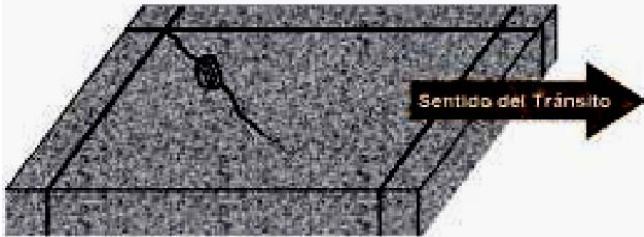

CLASE	NIVEL DE SEVERIDAD DE LA FISURA *	NÚMERO DE PAÑOS EN QUE SE DIVIDE LA LOSA
B	Bajo	4 a 5
M	Mediano	De 6 a 8
A	Alto	Mas de 8

6.



Losa totalmente subdivididas.

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	
E. FISURAS	
E.5 FISURAS EN BLOQUE	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Fracturamiento que subdividen generalmente una porción de la losa en planos o bloques pequeños de área inferior a 1 metro cuadrado.</p> <p>2. POSIBLES CAUSAS: Son causadas por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y el continuo deflexionar de los planos aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el despostillamiento de sus bordes. De no tomarse medidas correctivas el deterioro progresa formando a corto plazo un bache. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.</p> <p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se establecen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) en base a la severidad de las fisuras que detienen la malla, de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Bloques definidos por fisuras de severidad baja; los planos relativamente amplios y se mantienen ligados</p> <p>M (Mediano) Bloques definidos por fisuras de severidad moderada; los planos son más pequeños evidenciándose un moderado despostillamiento de los bordes de las fisuras.</p> <p>A (Alto) Bloques definidos por fisuras de severidad alta; los planos son más pequeños evidenciándose un severo despostillamiento de los bordes de las fisuras, con tendencia a formar bache.</p> <p>* Ver "E.2 Fisura longitudinal"</p>	
<p>4. MEDICIÓN: Una vez identificada la severidad de la falla, ésta puede ser medida:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. En metros cuadrados, totalizando metros cuadrados en la sección o muestra. ii. En términos de cantidad de losas afectadas, totalizando el número en la sección o muestra; de existir en una misma losa dos manifestaciones se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante. <p>En ambos casos se registran separadamente las fallas según su severidad.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Fisuras en bloque.</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	
E. FISURAS	
E.6 FISURAS INDUCIDAS	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Se incluyen bajo esta denominación un conjunto de fisuras de forma errática cuyo desarrollo en el pavimento es indicado por factores relativos a una inadecuada distribución de juntas o inapropiada inserción de estructuras u otros elementos dentro de las losas.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Cuando el arreglo de juntas en un carril no es respetado en el carril contiguo, es muy probable que induzcan o reflejen en éste, fisuras que den continuidad a las juntas existentes. Esta situación se presenta también con frecuencia cuando se ejecutan parchados y el diseño de sus bordes o juntas, sus dimensionamientos o inclusive distancias mínimas o juntas existentes, no son respetados; eventualmente este fisuramiento puede continuar subdividiendo los planos resultantes identificándose este caso particularmente como "Fisuras en bloques".</p> <p>Fisuras alrededor de estructuras pueden inducirse cuando no se proveen elementos de aislamiento que eviten restricción en el movimiento de las losas.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se establecen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) considerando ancho, condición y estado de los bordes de la fisura, de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm. • Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria. • No hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento. <p>M (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras de ancho promedio entre 3 y 10 mm. • Fisuras selladas, de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria. • No hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm. <p>A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras de ancho promedio mayor de 10 mm. • Fisuras selladas o no, con despostillamiento severo y/o dislocamiento mayor de 10 mm. 	
<p>4. MEDICIÓN: Una vez identificada la severidad de la fisura, esta puede ser medida:</p> <ol style="list-style-type: none"> i. En metros lineales, totalizando metros lineales en la sección o muestra. ii. Registrándola por losa, totalizando el número de losas afectadas por "Fisuras Inducidas". 	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Fisura inducida, cubierta de mezcla asfáltica se refleja en la superficie.</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

E.7 LEVANTAMIENTO DE LOSAS

1. DESCRIPCIÓN: Es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede manifestarse en correspondencia con fisuras.

2. POSIBLES CAUSAS: Son causadas por falta de libertad de expansión de las losas de concreto, las mismas que ocurren mayormente en la proximidad de las juntas transversales. Es el resultado de la expansión de las losas a través de la junta o grieta de compresión o tracción que se produce sobre el pavimento cuando el sentido de la circulación del tránsito como también por depresión del extremo de la junta o grieta al disminuir el soporte de la fundación. Se manifiesta como una losa que se levanta o separa de la junta o grieta, ocasionando un ruido al pasar los vehículos sobre la losa de concreto y de una deficiente transferencia de carga entre juntas.

3. NIVELES DE SEVERIDAD: Según la incidencia en la comodidad de manejo, se diferencian tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a velocidad de operación promedio.

B (Bajo) Diferencia de nivel de 3 a 10 mm.

M (Mediano) Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir velocidad de circulación.

M (Mediano) Diferencia de nivel de 10 a 20 mm.

A (Alto) El levantamiento causa un excesivo salto del vehículo, generando la pérdida de control del mismo, una sustancial incomodidad, y/o riesgo para la seguridad y/o daños al vehículo, siendo necesario reducir drásticamente la velocidad.

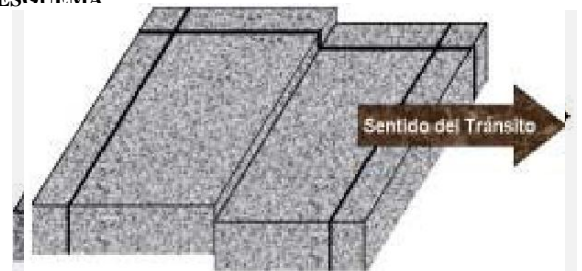
4. MEDICIÓN: Los desplazamientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, la cantidad existente en una sección o muestra, generalmente en términos de número de losas afectadas, de acuerdo a las siguientes premisas:

4. MEDICIÓN: Los levantamientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, en general en términos de la cantidad existente de losas afectadas en una sección o muestra, de acuerdo con las siguientes premisas:

- f. El desplazamiento a través de una grieta es una falla combinada; no se computa como desplazamiento pero se considera al definir la severidad de la grieta.
- g. El desplazamiento en fisura cuenta como una losa afectada.
- h. El desplazamiento a través de una grieta es una falla combinada; no se computa como desplazamiento pero se considera al definir la severidad de la grieta.
- i. Levantamiento en fisura cuenta como una losa afectada.
- ii. Levantamiento en juntas se cuenta como dos losas afectadas.

La medición se efectúa a una distancia de 0.30 a 0.50 metros del borde externo de las losas. No se efectúa la medición en juntas afectadas por parchados temporales.

5. ESQUEMA



6. FOTO

6. FOTO



Dislocamiento.

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	
E.9 HUNDIMIENTO	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo; puede estar acompañado de un fisuramiento significativo, debido al asentamiento del pavimento.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Este tipo de deformación permanente del pavimento, con o sin agrietamiento puede ocurrir cuando se producen asentamiento o consolidación en la subrasante, por ejemplo, en terraplenes cuando existen condiciones muy desfavorables para la fundación, o bien en zonas contiguas a una estructura de drenaje o de retención donde puede ocurrir el asentamiento del material de relleno por deficiente compactación inicial o bien por movimiento de la propia estructura. También pueden ser originadas por deficiencias durante el proceso de construcción de las losas.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Siendo en general de gran longitud de onda, se pueden diferenciar tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) según su incidencia en la comodidad de manejo, de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) El hundimiento causa al vehículo un balanceo o salto característico, sin generar incomodidad.</p> <p>M (Mediano) El hundimiento causa a los vehículos un significativo salto o balanceo, que genera incomodidad.</p> <p>A (Alto) El hundimiento causa un excesivo salto que provoca una pérdida de control de los vehículos, siendo necesario recurrir a una reducción de velocidad.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: Los hundimientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, la cantidad existente en una sección o muestra. Los resultados pueden computarse sobre la base de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Los metros cuadrados afectados. ii. El número de losas afectadas. iii. Simplemente el número de daños observados. <p>Tratándose de una falla de tipo puntual, originada en causas localizadas, suele excluirse de los procedimientos para inventarios de condición, limitándose a informar su existencia.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Hundimiento acompañado de material sedimentado.</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

E.10 DESCASCARAMIENTO Y FISURAS CAPILARES

1. DESCRIPCIÓN: Descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy finas, que se extiende solo a la superficie del concreto. Las mismas que tienden a intersectarse en ángulos de 120°.

2. POSIBLES CAUSAS: Las fisuras capilares generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción.

Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un desconchado que progresa tanto en profundidad como en área. También pueden observarse manifestaciones de descascaramiento en pavimentos de concreto armado, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.

3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se diferencian tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) según el tipo de daño y el área de la losa afectada, de acuerdo con la siguiente guía:

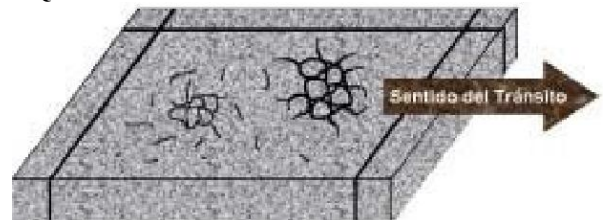
B (Bajo) Fisuras capilares se extienden sobre toda la losa; la superficie se encuentra en buena condición sin descascaramiento.

M (Mediano) La losa evidencia descascaramiento, pero estas son de reducida área, afectando menos del 10% de la losa.

A (Alto) La losa evidencia descascaramiento en áreas significativas, afectando más del 10% de la losa.

4. MEDICIÓN: Se miden en términos de número de losas afectadas. Una vez identificada la severidad de la falla se registra como una losa, con su nivel de severidad correspondiente. Se totaliza el número de losas afectadas en la muestra o sección, para cada nivel de severidad.

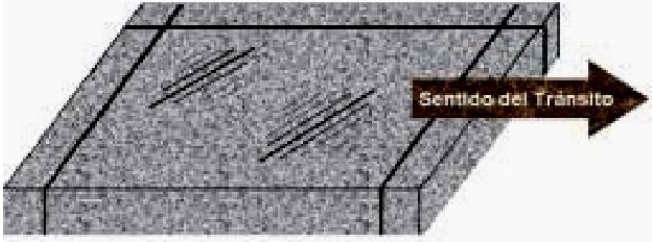

5. ESQUEMA



6. FOTO



Descascaramiento.

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	
E.11 PULIMIENTO DE LA SUPERFICIE	
1. DESCRIPCIÓN: Superficie de rodamiento excesivamente lisa por efecto del pulimiento de los agregados que la componen.	
2. POSIBLES CAUSAS: Esta deficiencia es causada principalmente por el tránsito, el mismo que produce el desgaste superficial de los agregados de naturaleza degradable, particularmente cuando el concreto es de calidad pobre y favorece la exposición de los mismos. Cuando el agregado en la superficie favorece la exposición de los mismos. Cuando el agregado en la superficie llega a ser muy suave al tacto, la adherencia con las llantas de los vehículos se reduce considerablemente. La reducción de la fricción o resistencia al deslizamiento, puede alcanzar niveles de riesgo para la seguridad del tránsito. El pulimiento de los agregados puede ser considerado cuando un examen de cerca revela que el número de contactos con el agregado sobre la superficie es muy reducido y este presenta una superficie suave al tacto.	
3. NIVELES DE SEVERIDAD: No se definen niveles de severidad. El grado de pulimiento de la superficie debe ser significativo para ser informado.	
4. MEDICIÓN: De ser necesario puede medirse en metros cuadrados de superficie afectada.	5. ESQUEMA 
6. FOTO	
 <p style="text-align: center;">Pulido de superficie.</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

E.12 PELADURAS

1. DESCRIPCIÓN: Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena-cemento del concreto, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.

2. POSIBLES CAUSAS: Son causadas por el efecto abrasivo del tránsito sobre concretos de calidad pobre, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría), o bien por deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso, etc.).

3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se diferencian tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) según la magnitud de los desprendimientos, de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) Pequeñas peladuras muy superficiales, puntuales o concentradas en pequeñas áreas, como remiendos.

M (Mediano) Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una textura abierta, pero los desprendimientos se limitan a material fino, solo superficialmente.

A (Alto) Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una superficie muy rugosa, con desprendimiento de agregado grueso formando cavidades o pequeños baches superficiales.

4. MEDICIÓN: Se miden en términos de losas afectadas. Una vez identificada la severidad de la falla, se registra como una losa con su grado de severidad correspondiente. Se totaliza el número de losas afectadas en la muestra o sección para cada nivel de severidad.

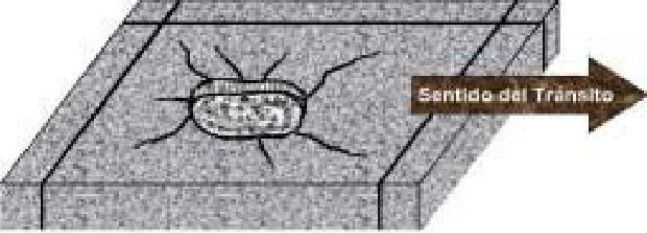

5. ESQUEMA



6. FOTO



Peladura formando cavidades.

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO			
E.13 BACHE			
<p>1. DESCRIPCIÓN: Descomposición o desintegración la losa de concreto y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.</p>			
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores del pavimento estructuralmente insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.</p>			
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) en función del área afectada y de la profundidad del bache, asociada ya sea a hundimientos como a la pérdida de material, de acuerdo a la siguiente tabla:</p>			
<p>Profundidad máxima (cm)</p> <p>Menor de 2.5 De 2.5 - 5.0 Mayor a 5.0</p>	<p>Diámetro promedio del bache (cm)</p>		
	Menor de 70	70-100	Mayor a 100
	B	B	M
	M	M	A
<p>4. MEDICIÓN: Los baches descubiertos pueden medirse alternativamente: a) Contando el número de baches por cada nivel de severidad y registrando estos separadamente, y b) Computando éstos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.</p>		<p>5. ESQUEMA</p> 	
<p>6. FOTO</p>  <p>Baches irregulares.</p>			

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

E.14 DEFICIENCIAS EN MATERIAL DE SELLO

1. DESCRIPCIÓN: Se refiere a cualquier condición que posibilite la acumulación de material en las juntas o permita una significativa infiltración de agua. La acumulación de material incompresible impide el movimiento de la losa, posibilitando que se produzcan fallas, como levantamiento o despostillamientos de juntas.

2. POSIBLES CAUSAS: Las causas más frecuentes para que el material de sello sea deficiente, son:

- i. Endurecimiento por oxidación del material de sello.
- ii. Pérdida de adherencia con los bordes de las losas.
- iii. Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas.
- iv. Escasez o ausencia del material de sello.
- v. Material de sello inadecuado.

3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se diferencian tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) El material de sello se encuentra en general en buena condición en toda la sección o muestra evaluada; pueden presentarse, pero solo en cantidad reducida, algunos de los defectos arriba indicados, pero no existe riesgo de infiltración de material incompresible.

M (Mediano) El material de sello se encuentra en general en condición regular, en toda la sección o muestra; uno o más defectos de la relación arriba indicados ocurren en grado moderado; el material de sello necesita ser reemplazado en un período de dos años.

A (Alto) El material de sello se encuentra en general en condición pobre, o bien no existe; en toda la sección o muestra, uno o más defectos de la relación arriba indicada ocurren con grado de severidad alto, las juntas requieren ser selladas o reselladas a la brevedad.

4. MEDICIÓN: Las deficiencias del material de sello no se contabilizan de losa en losa. La calificación asignada se refiere a la condición del material de sello en toda el área.

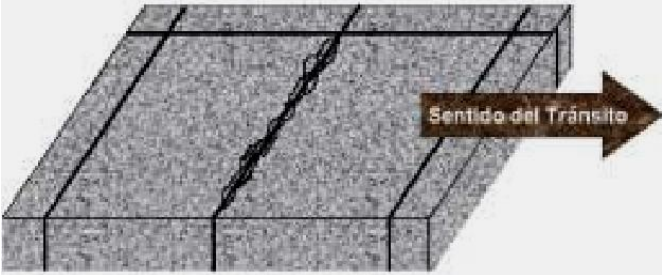
5. ESQUEMA



6. FOTO



Junta con acumulación de materia orgánica.

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	
E.15 DESPOSTILLAMIENTO	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.60 m de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa distancia. Además no se extiende verticalmente a través de la losa sino que intersectan la junta en ángulo</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: Los despostillamientos se producen como consecuencia de diversos factores que pueden actuar aislada o combinadamente; excesivas tensiones en las juntas ocasionadas por las cargas del tránsito y/o por infiltración de materiales incompresibles; debilidad del concreto en la proximidad de la junta debido a un sobrecabado y excesiva disturbación durante la ejecución de la junta; deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta; acumulación de agua a nivel de las juntas.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) combinando el estado de las "piezas" que se forman por el fracturamiento en contacto con la junta, así como el ancho y longitud afectadas, de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Pequeños fracturamientos, que no se extienden más de 8 cm a cada lado de la junta, dan lugar a pequeñas piezas que se mantienen bien firmes, aunque ocasionalmente algún pequeño trozo puede faltar.</p> <p>M (Mediano) Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 8 cm a cada lado de la misma, dando origen a piezas o trozos relativamente sueltos, que pueden ser removidos; algunos o todos los trozos pueden faltar, pero su profundidad es menor de 25 mm.</p> <p>A (Alto) Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 8 cm a cada lado de la misma, las piezas o trozos han sido removidos por e tránsito y tienen una profundidad mayor de 25 mm.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: Se miden contando y registrando el número de juntas afectadas con cada nivel de severidad, expresándolos en términos de números de losas afectadas, de acuerdo a las siguientes premisas:</p> <ol style="list-style-type: none"> i. Si el despostillamiento afecta un solo borde de la losa se controla como una losa con despostillamiento. ii. Si el despostillamiento ocurre a cada lado de la junta, afectando dos losas adyacentes, se registra como 2 losas. iii. Si el despostillamiento se observa en más de un borde de la misma losa se registra como una losa indicando el nivel de severidad correspondiente al borde más dañado. 	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p> 	

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	
E.16 FISURAS POR MAL FUNCIONAMIENTO DE JUNTAS	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Fisuras sinuosas aproximadamente paralelas a la junta, en algunos casos transversalmente y en forma de arcos erráticos, localizados muy próximas a las mismas.</p>	
<p>2. POSIBLES CAUSAS: La falta de verticalidad y la inadecuada inserción de los elementos empleados para inducir el corte de la junta, cortes poco profundos, excesiva disturbación durante la ejecución de las juntas son algunas causas frecuentes que provocan una fisura paralela muy próxima a las mismas (doble junta).</p> <p>Típicamente, la colocación de barras pasadores mal alineados, el empleo de barras de insuficiente diámetro y/o longitud, o bien la corrosión de éstas, impiden el movimiento normal de las juntas, provocando fisuras próximas a la junta transversal, a una distancia de 0.20 a 0.40 m.</p>	
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) según las características de las fisuras y el estado del pavimento entre éstas y la junta correspondiente, de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras finas bien delgadas, de ancho menos de 3 mm. • Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento. <p>M (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras de ancho promedio de 3 a 10 mm. • Fisuras hasta 10 mm con despostillamiento y/o dislocamiento hasta 10 mm. • Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición insatisfactoria. • Por despostillamiento, el área entre la fisura y la junta ha comenzado a fracturarse en trozos pequeños. <p>A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras de ancho promedio mayor de 10 mm. • Fisuras, selladas o no, con despostillamiento y/o dislocamiento mayor de 10 mm. • El área entre las fisuras y la junta se ha fracturado en trozos pequeños que se encuentran sueltos y/o removidos por el tránsito. 	
<p>4. MEDICIÓN: Una vez identificada la severidad del daño, se mide contabilizando el número existente en una muestra o sección, en términos de juntas afectadas. Se totaliza el número de juntas que presentan este daño para cada nivel de severidad.</p>	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Fisura por mal mantenimiento de juntas.</p>	

DAÑOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	
E.17 PARCHADOS Y REPARACIONES PARA SERVICIOS PÚBLICOS	
<p>1. DESCRIPCIÓN: Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente, también un parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo.</p> <p>Los parchados disminuyen la servicialidad de la vialidad, al tiempo que pueden constituir indicadores, tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por una carretera, como la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En muchos casos, los parchados, por deficiente ejecución dan origen a nuevas fallas. Si bien los parches por reparaciones en servicios públicos se deben a causas bien diferentes, los niveles de severidad se definen en forma idéntica.</p>	
<p>2. NIVELES DE SEVERIDAD: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) de acuerdo con la siguiente guía:</p> <p>B (Bajo) El parche se comporta satisfactoriamente, con muy poco deterioro.</p> <p>M (Mediano) El parche se encuentra moderadamente deteriorado: se evidencia un moderado deterioro o descascaramiento alrededor de sus bordes y/o existe un pequeño desnivel con el pavimento continuo; si se presentan daños en su interior, éstos afectan su superficie.</p> <p>A (Alto) El parche está severamente dañado. La extensión o importancia de estos daños indican una condición de falla, siendo el reemplazo del parche necesario.</p>	
<p>3. MEDICIÓN: Se miden contando separadamente según su nivel de severidad, el número de losas afectadas en una determinada sección o muestra, de acuerdo a las siguientes premisas:</p> <ol style="list-style-type: none"> i. Si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa conteniendo esa falla. ii. Si una losa tiene parches con más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad observado. 	<p>5. ESQUEMA</p> 
<p>6. FOTO</p>  <p style="text-align: center;">Parchado.</p>	

4.3 TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.

4.3.1 Sello.

El objetivo fundamental de los sellos es alargar la vida útil de los pavimentos flexibles, sellar fisuras, grietas (para impermeabilizar la superficie) y aumentar la rugosidad de la superficie de rodamiento y protegerlo del intemperismo para evitar que avance el envejecimiento.

Los principales tipos de sellos son los siguientes:

a) Mortero asfáltico (Slurry seal).

El sello de lechada asfáltica o mortero asfáltico (Slurry seal), es un tratamiento superficial a base de agregados pétreos graduado, emulsión asfáltica, cal o cemento y agua que tiene por objeto alargar la vida útil de los pavimentos, sellando o taponeando grietas (capas delgadas), así como también el proporcionar superficies de desgaste y antiderrapantes (capas gruesas de 6 a 9 mm). Este mortero asfáltico tiene la característica de ser un semifluido de baja tensión superficial que penetra en la grietas de la superficie de rodamiento sellándola y evitando el paso del agua a las capas inferiores de la misma.

El sello debe formar además una capa protectora de la carpeta asfáltica que la preserve de la oxidación y le proporcione una superficie antiderrapante. Por su composición este tipo de tratamiento no presenta en general desprendimientos de agregados pétreos evitando que se levante polvo, se azolven los drenajes, etc. El mortero asfáltico como todos los tratamientos superficiales al formar capas de espesores pequeños (3 a 9 mm) prácticamente no aumenta la resistencia estructural de los pavimentos sobre los que se aplica.

Ventajas y beneficios del mortero asfáltico.

- ❖ Sistema versátil para tratamiento superficial del pavimento debido a su habilidad para depositar una mezcla bituminosa durable de acuerdo con las demandas de distintas texturas superficiales, llenado y sellado de grietas y baches.
- ❖ Efectivo por su bajo costo en cuanto a la aplicación, reduciendo los tiempos de reparación y solución económica para el problema de conservación de pavimentos.

- ❖ Alarga la vida del pavimento existente al protegerlo contra la oxidación por intemperismo y deterioración por pérdida de aceites, pérdida de los agregados y envejecimiento.
- ❖ Proporciona una superficie durable, para todo clima, sin polvo y escurrimientos.
- ❖ Rápida aplicación al dejar lista la nueva superficie para usarse en pocas horas después de tratamiento.
- ❖ Corrige los problemas existentes en pavimentos envejecidos como: agrietamientos, deslizamientos, pérdidas de cuerpo, incremento en la permeabilidad, pulido de la superficie sin dejar agregados sueltos, además de ser aplicados sin necesidad de un riego de taponamiento o rodillado.
- ❖ Excelente adherencia a la superficie tratada y se trabaja en frío.

d) Carpeta de graduación abierta (Open Graded).

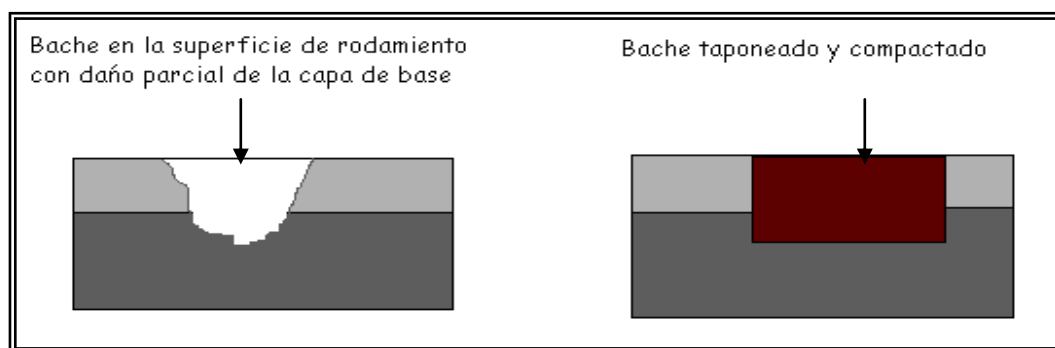
La carpeta de granulometría abierta (Open Graded) tiene por objeto el proporcionar superficies de desgaste o sellos, además de ser una capa drenante por su empleo en climas lluviosos ya que por su textura evita que se produzcan efectos como el acuaplaneo, dado que por este tipo de carpeta altamente porosa facilita el contacto de los neumáticos con el pavimento ya sea en condiciones lluviosas o en presencia de agua sobre la superficie de rodamiento, además de proporcionar una carpeta antirruído, conservando la resistencia a la deformación plástica y al agrietamiento por fatiga.

Ventajas al emplear las carpetas de granulometría abierta.

- ❖ Mantiene elevada resistencia al deslizamiento, bajo lluvia elimina o reduce considerablemente la posibilidad de que se presente el fenómeno de hidroplaneo.
- ❖ Permite el drenaje superficial del agua de lluvia.
- ❖ Mejora la velocidad con el pavimento mojado.
- ❖ Se incrementa ligeramente el valor estructural del pavimento, por el adecuado comportamiento mecánico de la capa de rodamiento.
- ❖ Se tienen beneficios para el usuario, en cuanto a visibilidad, seguridad, comodidad durante la lluvia.
- ❖ Menor generación de ruido por el tránsito de los vehículos.

4.3.2 Bacheo.

Este trabajo es parte del mantenimiento dentro de la conservación de los pavimentos, pudiendo dividirse en superficial y profundo, el primero corresponde a trabajos de corrección de fallas de la carpeta, el segundo corresponde a corregir áreas débiles, para ambos casos la forma de resolver este tipo de problema es el cajear rectangularmente el área fallada, eliminando los materiales de mala calidad o que presenten humedad excesiva. Rellenar con materiales de características adecuadas, reponiendo la estructura del pavimento mediante capas debidamente compactadas. Las paredes de la caja deben hacerse verticales y dos de sus lados serán normales a la dirección del tránsito. La caja debe abarcar cuando menos 30 cm dentro de la zona aparentemente sana, adyacente al área fallada. Se procurará, mediante una regla, que el nivel superior de relleno quede bien perfilado respecto al resto de la sección transversal.



Fuente: Diego Flores Sánchez, “Construcción, conservación y recuperación de pavimentos en la Ciudad de México”, Tesis Licenciado en Ingeniería Civil, México, 2001, pág.171.

Figura 4.1 Reparación de baches (bacheo).

Si los baches se manifiestan en zonas de cortes, es conveniente revisar y corregir previamente las deficiencias de drenaje. Esta trabajo es un requisito indispensable en la reparación de un pavimento, siendo uno de los deterioros ha solucionar, para después proceder a la ejecución del siguiente trabajo es cuestión perteneciente a la conservación de un pavimento.

Actualmente para la realización de esta operación se cuenta con la tecnología necesaria como es el caso de la bacheadora RA-300 de Rosco, la cual permite rellenar baches, grietas, realizar topes y caminos uniformes. Los pasos a seguir en el proceso para realizar el bacheo con esta maquina es el siguiente:

- a) La maquina cuenta con un soplador de alto volumen que limpia el bache o la grieta con un chorro de aire que saca los elementos ajenos al pavimento y rocas sueltas por el deterioro.
- b) El operario de la maquina aplica una capa de ligantes asfálticos que calienta el área, para asegurar la colocación de los materiales ha sufrir.
- c) Para finalizar este trabajo se colocará la capa final del material que cubrirá el bache, revisando que este quede bien perfilado respecto al resto de la sección transversal.

4.4 TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.

4.4.1 Reciclado de pavimentos.

Son las técnicas que permiten reutilizar (para su rehabilitación), los materiales existentes de pavimentos deteriorados. La finalidad técnica de un reciclado de pavimento es la de restituir las propiedades de las capas que cortan y reutilizan o incluso mejorarlas. Estas propiedades son básicamente:

- ❖ La capacidad estructural, vinculada a la resistencia mecánica (estabilidad).
- ❖ La resistencia a la acción del agua.
- ❖ La resistencia a la fatiga, parcial o totalmente consumida en el material original.

El reciclado de pavimentos es una técnica de rehabilitación, que puede usarse en todo tipo de pavimentos, desde los pavimentos flexibles a los rígidos, aunque suele emplearse principalmente en pavimentos flexibles. El campo de aplicación es enorme y va desde el reciclado de carpetas asfálticas con problemas de envejecimiento, hasta el reciclado de capas importantes de bases granulares y carpetas con problemas estructurales, pudiendo formar parte de un proceso de reconstrucción.

Atendiendo al objetivo de la rehabilitación podemos clasificarlos en:

Tipo I. Reciclado de carpetas asfálticas, como un proceso de renovación y regularización superficial.

Tipo II. Reciclado de la carpeta y parte de la base granular, con incorporación posterior de una capa asfáltica de poco espesor, como un proceso de refuerzo ligero.

Tipo II. Reciclado total de la carpeta y la base granular, creando una capa de base de alta calidad y posterior acabado con carpeta asfáltica, lo que constituye una gran rehabilitación y reconstrucción.

4.4.1.1 Renivelación de carpetas.

Perfilado o fresado en frío en pavimentos, es un concepto desarrollado dentro del campo de la construcción de calles y carreteras de la infraestructura vial, nos ofrece alternativas económicas contra el alto costo de rehabilitación de pavimentos, este se emplea cuando la superficie de rodadura se encuentra desgastada o dañada teniéndose aún las condiciones en las capas inferiores.

El fresado o perfilado consiste en la remoción del pavimento existente por medio de un método controlado automáticamente a una profundidad deseada, con un equipo diseñado especialmente para este trabajo y restaurando la superficie nueva a un nivel y bombeo especificado.

Ventajas del perfilado.

- ❖ **Conveniencia para el público.** El fresado en frío puede realizarse rápidamente sin obstrucción del flujo de tráfico.
- ❖ **Seguridad y limpieza.** El fresado en frío es un sistema sano de rehabilitación de pavimentos en donde no se requiere de obstrucciones u obstáculos peligrosos dentro de la obra. El sistema es relativamente libre de contaminación, el proceso no genera humo y la cantidad pequeña de polvo se puede controlar fácilmente.
- ❖ **Eficiencia.** Este proceso se puede enfocar directamente al problema del pavimento asfáltico o concreto hidráulico el cual puede corregirse sin tener que gastar tiempo y dinero en las capas estructurales adyacentes como base o subbases e igualmente sin interrumpir el diseño geométrico del tramo.
- ❖ **Versatilidad.** El método de fresado no está limitado a autopistas o supercarreteras. Existe una gran gama de fresadoras las cuales hacen accesible este método para fresado en frío en áreas urbanas o metropolitanas, comunidades pequeñas, igualmente para dependencias federales y dependencias estatales.

4.4.2 Sobrecarpetas.

Las sobrecarpeta es una técnica de rehabilitación recomendada para pavimentos deteriorados, la corrección de fallas funcionales, así como también el reforzar un pavimento estructuralmente con problemas en la base o carpeta, el cual debe adecuarse para un volumen de tránsito mayor, esta técnica es conveniente para solucionar problemas de fatiga, rehabilitación de carpetas envejecidas y en ciertos casos dar soluciones temporales a los problemas que presenta el pavimento.

4.4.2.1 Sobrecarpetas de concreto hidráulico. (Whitetopping).

El Whitetopping consiste en la colocación de una losa de concreto hidráulico sobre un pavimento asfáltico o de concreto que presenten daños superficiales y que ha sido superado por las condiciones ambientales y por el volumen y peso del tránsito al que se encuentra sometido, eliminando así los mantenimientos continuos y sus correspondientes costos, entregando luego de su aplicación, un pavimento de excelente calidad que brindará una larga vida útil en buenas condiciones de operación.

El Whitetopping satisface la demanda de la ciudadanía de transitar en calles seguras y en excelentes condiciones de servicio por más tiempo, ya que ofrece más de 20 años de vida útil.

Esta técnica se ha utilizado con éxito en calles urbanas, caminos principales y aeropistas de Europa y Estados Unidos, sustituyendo para siempre el uso del pavimento asfáltico.

Procedimiento de rehabilitación con Whitetopping.

Los trabajos previos a la sobre carpeta únicamente serán el considerar deterioros en estado avanzado tales como: rodaderas, desplazamiento o baches. Áreas donde ha habido falla de la subrasantes, las cuales no darán soporte uniforme a la sobrecarpeta de concreto hidráulico deberán ser removidas y reemplazadas.

Después de la corrección de los deterioros superficiales, se deberán definir como soluciones las deformaciones antes de colocar una carpeta whitetopping. Se puede usar varios métodos, como barrido y colocación directa, fresado, y colocación de una capa niveladora.

Los aspectos que se evalúan en el diseño para la determinación de la factibilidad técnica de que un pavimento sea rehabilitado mediante la técnica de Whitetopping son:

- ❖ Daños estructurales
- ❖ Daños asociados a la fatiga de las capas asfálticas
- ❖ Daños asociados a la alteración del perfil por deformaciones plásticas acumuladas
- ❖ Daños asociados a la inestabilidad de la banca
- ❖ Daños superficiales
- ❖ Daños asociados a las deficiencias en el diseño o fabricación de la mezcla asfáltica
- ❖ Daños asociados a la calidad de los materiales

Debe hacerse una evaluación de las condiciones existentes en el pavimento deteriorado para tener la seguridad de recomendar el uso del Whitetopping y la factibilidad técnica de su aplicación.

Con la información de mecánica de suelos y de tránsito que se obtenga, se procede a elaborar el diseño del Whitetopping, según el tipo de camino y la vida útil esperada para el mismo. Contando con los elementos anteriores, la construcción se realiza de la siguiente manera:

1. Reparación de baches superficiales y posible fresado de las zonas que presenten deformaciones importantes y fresado continuo para pavimentos delgados.
2. Limpieza enérgica de la superficie existente para garantizar la adherencia del Whitetopping.
3. Dependiendo del proyecto, se hará la selección del sistema de colocación más adecuado.
4. Con el tramo a rehabilitar listo, se realiza el suministro de concreto hidráulico, cuidando siempre la calidad en la aplicación para garantizar el éxito del proyecto.
5. Luego de su colocación, se deberá realizar el terminado y el texturizado, evitando agregar agua a la superficie para no causar problemas de agrietamientos plásticos y pérdida de resistencia en la superficie.

Se debe proteger el concreto mediante curado para evitar la pérdida de humedad y así garantizar que se alcance la resistencia indicada en el diseño.

6. Por último, se deberán formar las juntas de contracción del concreto, ya sea a partir de su aserrado mediante discos con punta de diamante o con la inserción de cintas de PVC, en un tiempo tal que se evite el despostillamiento del concreto y se logre, además, evitar el agrietamiento no controlado de las losas.

Ventajas:

- ❖ Requiere de una mínima preparación de la superficie dañada, consistiendo ésta en la reparación de baches y el lavado de la carpeta asfáltica, en el caso del convencional y el fresado superficial de la carpeta para el caso del delgado, previo a la construcción de la losa de concreto.
- ❖ Tiene un costo menor que la rehabilitación con asfalto.
- ❖ La vida útil del camino se incrementa a 20 años, disminuyendo drásticamente los costos por mantenimiento.
- ❖ Incrementa la luminosidad del camino, reduciendo incluso los gastos por iluminación nocturna.
- ❖ La sobrelosa de concreto es capaz de soportar -con amplios márgenes de seguridad- las cargas típicas del tráfico urbano ligero para pavimentos delgados y del pesado para pavimentos convencionales.

4.4.2.2 Sobrecarpetas de concreto asfáltico.

Esta alternativa proporciona una nueva superficie de desgaste, mejorando la transitabilidad, la seguridad y la resistencia del pavimento. La nueva superficie permite la corrección de la sección transversal y los defectos de la superficie como grietas, rodaderas, etc.

La selección de los materiales para la sobrecarpeta tiene un impacto importante en el plan de rehabilitación. La calidad de los materiales afectará en el espesor de la misma, que depende de la capacidad estructural necesaria y del ciclo de vida que se considere.

Actualmente una de las tecnologías utilizadas en la pavimentación de concreto hidráulico es el uso de sobrecarpetas de Stone Mastic Asphalt (SMA). Antes de colocar la carpeta SMA, es importante examinar las condiciones de la superficie sobre la cual se colocará y llevar a cabo cualquier tratamiento o reparación necesaria. En el caso de que la vialidad requiera de un refuerzo estructural se toma como alternativa realizar un bacheo puntual o parcial retirando los materiales dañados y substituyéndolos por materiales completamente sanos.

4.4.3 Reconstrucción.

La reconstrucción involucra la adaptación de la estructura del pavimento para un tránsito más pesado, lo cual implica unas sobrecarga, derivándose en el levantamiento completo de la estructura del pavimento, cuando esta se encuentra colapsada por exceso de problemas estructurales, incluso de las capas subyacentes. La estructura se reemplaza como si fuese la construcción de un nuevo pavimento.

Las técnicas de reconstrucción ofrecen la opción de seleccionar los materiales vírgenes, utilización de materiales estabilizados, el uso de geotextiles o bien e reciclar los materiales existentes. El uso de material reciclado puede tener un impacto grande en los costos de los pavimentos.

4.5 ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS.

4.5.1 Sellado de juntas y grietas.

En esta operación se definen los trabajos para resellar juntas y sellar o resellar grietas existentes en pavimentos de concreto. Mantener selladas las juntas y grietas es fundamental para alcanzar la vida útil esperada para el pavimento. Sin embargo, para que un sellado cumpla cabalmente el objetivo para el cual se coloca es necesario que las juntas y grietas no trabajen, es decir que no experimenten desplazamientos verticales significativos entre sí. Los desplazamientos se originan porque no existe un traspaso adecuado de las cargas entre las losas, el que se puede detectar, si no se cuenta con instrumental para ese objetivo, temprano en la mañana, antes que el sol caliente la superficie.

Las juntas de hasta 12 mm de ancho se sellan con productos que tengan una deformación admisible entre el 20 % y el 30 %, y que cumplan con los requisitos establecidos en las normas correspondientes. Los imprimantes y cordones de respaldo serán los adecuados y compatibles con el sellante. Las juntas de ancho entre 12 mm y 20 mm, se sellarán con productos del tipo termoplástico aplicados en caliente, que tengan una deformación admisible entre el 10 % y el 20 % y que cumplan con las normas correspondientes.

4.5.2 Estabilización de losas.

El término "estabilización de losas", se define como la inyección bajo presión de un material debajo de la losa y/o en la sub-base para llenar los huecos y proveer una capa delgada que reducirá las deflexiones y resistirá la acción de bombeo. El propósito de la estabilización de losas es restaurar el soporte de la losa rellenando con material los huecos existentes en la base sin levantarla.

Los materiales que se han usado en trabajos convencionales de estabilización de losas son los siguientes:

1. Mortero de cemento hidráulico, incluyendo cal, arena y estabilizantes como "filler".
2. Cemento asfáltico oxidado de alta viscosidad.

Los morteros de cemento hidráulico se han usado más extensamente que los de cemento asfáltico. Un material de silicón y caucho espumoso ha sido probado recientemente en California con buenos resultados en la prevención de la acción futura de bombeo. Los morteros hidráulicos se usan extensivamente en la nivelación de losas.

La pérdida de soporte en pavimentos de concreto hidráulico es una de las causas principales del deterioro (bombeo, agrietamiento y hundimiento de losas). Si se ha hecho un bombeo significativo y el soporte de la losa no se ha restaurado se observarán deflexiones altas, especialmente en zonas de gran aforo vehicular, y la tasa de deterioro se acelerará. Aún después de un reencarpetado asfáltico, las deflexiones altas causarán severas grietas de reflexión. Por lo tanto, si la rehabilitación incluye o no un reencarpetado asfáltico, es necesario estabilizar la losa existente si hay pérdida de soporte.

4.5.2.1 Estabilización de losas con mezclas de mortero de cemento hidráulico.

Existen varias alternativas. Una mezcla de mortero de consistencia firme es utilizada para la nivelación de losas, más que para la estabilización. Los materiales que conforman el mortero influyen bastante en la consistencia, resistencia y durabilidad de la mezcla.

Generalmente se utilizan las siguientes:

- ❖ Mortero de cemento puzolánico (o fly ash).
- ❖ Mortero de cemento y cal. y,
- ❖ Mortero de cemento y arena fina.

Una mezcla recomendada para la estabilización de losas es la siguiente:

- ❖ Una parte por volumen de cemento Portland tipo I o II (el tipo III, debe ser especificado si se necesita resistencia rápida).
- ❖ Tres partes por volumen de puzolánico (natural o artificial) o cal.
- ❖ Agua para obtener la fluidez necesaria.
- ❖ Aditivos (Si requieren por clima o condiciones especiales locales).

La estabilización de losas con mortero de cemento hidráulico es casi un arte, y su éxito depende en gran parte de la experiencia del contratista. Por lo tanto, debe haber un período de experiencia, requiriendo trabajos anteriores. Se necesitan unas investigaciones adicionales para dar respuestas a varios problemas difíciles, asociados con la estabilización de losas.

La estabilización de losas se debe hacer solamente en las juntas y en las fracturas donde exista la pérdida de soporte. Se dan las recomendaciones generales siguientes:

1. Pavimentos de losas de concreto.

El bombeo con frecuencia se presenta en las juntas y fracturas transversales. La estabilización de losas se debe considerar solamente en estos lugares. Si hay una evidencia de bombeo a lo largo de las orillas de la losa entre las juntas, la estabilización de losas debe ser considerada también a lo largo de las orillas.

2. Pavimentos Continuos de Concreto Reforzado.

El bombeo ocurre a través del carril exterior del pavimento, o sea, el carril de máxima carga vehicular y más usualmente en hundimientos o depresiones localizadas, resanes existentes y perforaciones. La estabilización de losas generalmente se debe realizar sólo en áreas localizadas de deflexiones altas o donde se observe el bombeo. Si hay una prueba visual de bombeo extenso a lo largo de todo el proyecto, la mayoría de éste se debe considerar para cubrirse con la estabilización de losas.

3. Reparaciones por todo el Espesor de la Losa. (Full-Depth Repair).

La estabilización de losas debe ser realizada en todas las reparaciones existentes de "Full Depth" mostrando cualquier evidencia de bombeo o sedimentación, esto alargará la vida de la reparación y de las losas de alrededor. La pérdida de soporte (o huecos en la base) se evalúa empleando el método de ensayos no destructivos. Hay métodos que usan un dispositivo de carga pesada (Prueba de Placa) capaz de adaptarse a cargas niveladas y excedentes como las cargas de camión, es usado para estudiar las deflexiones del borde. La viga Benkelman es un instrumento simple para la medición de deflexiones. La medición de deflexiones bajo las cargas pesadas permite una evaluación real y puntual del soporte de base. Algunos huecos son detectados debajo de la base estabilizada, los cuales pueden ser localizados con deflexiones por carga pesada.

La eficacia de la estabilización de losas en cada proyecto se demuestra por el monitoreo del pavimento sobre tiempo. El mejor y más rápido indicador de la suficiencia de la obra se obtiene midiendo las deficiencias con la viga Benkelman, después de la inyección del mortero para asegurar que la losa tendrá pleno soporte. Es aconsejable realizar esta prueba antes de realizar el último pago al contratista, señalando las normas de la prueba dentro de las especificaciones del trabajo. La deflexión bajo la carga del eje equivalente, 8.2 ton, no debe exceder de 0.7 mm.

4.5.2.2 Estabilización de losas con asfalto.

La técnica de estabilización con asfalto requiere un alto control de calidad y es aconsejable otorgar estos trabajos únicamente a contratistas con experiencia en estos proyectos.

Frecuentemente se aplica este procedimiento sobre toda la longitud de los tramos que han presentado bombeo, agrietamiento y otros deterioros asociados con la inestabilidad o erosión de la base. Sin embargo, es recomendable utilizar los ensayos no destructivos para precisar las juntas que deben ser tratados y contratar trabajos únicamente en las losas así afectadas.

Para inyectar el material en las losas afectadas, se debe perforar la losa cada 3m longitudinalmente a través del eje central de cada carril, ajustando las distancias para evitar que se haga una perforación dentro de un metro de una junta existente (longitudinal o transversal). Para estabilizar las esquinas de las losas, se debe perforar un metro desde la junta en cada lado de ella, y un metro desde la losa más cercana a la esquina.

Una vez perforada la losa se debe secar el material por debajo, introduciendo aire comprimido bajo presión de 70 psi, para cada perforación durante un periodo comprendido entre los 15 - 60 segundos (dependiendo del clima), antes de empezar la inyección del asfalto. Si se estima imposible secar los huecos en este tiempo, es recomendable postergar la actividad, ya que la calidad del trabajo se afecta por el agua. De acuerdo al juicio del ingeniero, se puede adoptar uno de los procedimientos siguientes:

- a) Calentar el asfalto hasta el rango comprendido entre los 204 - 232 °C antes de empezar a bombear. Dejar circular el material en la bomba y manguera para normalizar la temperatura del equipo y asegurar flujo libre. Después de secar la base con el aire comprimido se introduce el material en cada perforación bajo presión entre el rango de los 40 - 60 psi hasta que los huecos se rellenen o se vea el asfalto saliendo de las juntas, o la losa empiece a levantarse ligeramente. Cuando se termine de bombear, quitar la manguera y se cerrar la perforación con tapón de madera para mantener la presión hasta que se enfríe el material.
- b) Seguir el procedimiento anterior, dejando que la losa se levante entre 2 y 3 mm antes de que se deje de bombear el asfalto. Esta alternativa requiere que se coloque un medidor sobre la junta más cercana a la perforación.

La estabilización de losas, bien realizada, disminuirá las deflexiones en las juntas y fracturas donde el material de la losa de concreto hidráulico se haya erosionado o de alguna manera debilitado. Sin embargo, el beneficio de este trabajo no será permanente si no se elimina la causa del problema, que generalmente es una deficiencia del sistema de drenaje que se manifiesta por la penetración del agua pluvial y su retención en el pavimento durante varios días después de una lluvia normal.

4.5.3 Nivelación de losas.

La nivelación de losas consiste en el bombeo de mortero por debajo de la losa, bajo suficiente presión, como para levantarla hasta que se restaure el perfil original del pavimento. El asentamiento o hundimiento de losas que resulte en una superficie rugosa puede ocurrir en cualquier tramo de un pavimento, pero, frecuentemente se observa este daño en secciones de relleno, sobre alcantarillas y en los accesos a puentes. Para inyectar el mortero que debe introducirse para levantar las losas, es necesario perforarlos de la misma manera de la estabilización. Para localizar las perforaciones, es conveniente considerar el procedimiento como si fuera un levantamiento con un gato hidráulico, perforando la losa en los lugares donde se colocarían los gatos, si fuera posible meterlos por debajo de la losa.

Para evitar que una losa se fracture, es importante evitar que la presión sea excesiva en los puntos de inyección. Por esto, se recomienda que las perforaciones se coloquen entre 1.5 y 1.8 m entre sí para no levantar una área mayor de 2.8 m. La presión que levanta la losa disminuye en proporción a la distancia de la perforación. Cuando la losa está agrietada, se requieren más perforaciones para reducir la presión puntual alrededor de las grietas. Las perforaciones deben de colocarse a menos de 30 cm de las juntas y bordes de las losas, ni a más de 45 cm. Las fracturas y grietas severas aisladas se consideran como si fueran juntas en la colocación de las perforaciones. Cuando es imposible seguir estas normas por la localización de unas fracturas muy seguidas, hay que programar una reparación "full depth".

Procedimiento de la nivelación.

Es importante monitorear el proceso de levantamiento para asegurar que el perfil alcance al terminar el proceso, el nivel y perfil de diseño. El método de cuerda en tensión (con instrumentos de topografía, cuando se trata de proyectos largos) es el método más fácil de control del avance de la obra. Con la cuerda fijada por lo menos 3 m sobre la depresión y utilizando radios de 2 cm en las superficies alrededor las juntas, se controla el levantamiento y la duración del bombeo de mortero por cada perforación.

Este método puede alcanzar el perfil con tolerancias de 6 a 9 mm. El levantamiento por la inyección bajo presión del mortero debe limitarse a 2.5 cm por cada perforación para evitar exceso de presión puntual y fracturamiento de la losa. Con un buen control, se asegura una presión equilibrada por debajo de toda la losa y se garantiza un resultado duradero.

Conclusión capitular.

Es importante proporcionar un mantenimiento adecuado a los pavimentos. Desde el momento mismo de la puesta en servicio, es necesario que los pavimentos reciban un mantenimiento que permitirá las condiciones de operación deseadas y planeadas desde el proyecto mismo, condiciones que el usuario percibe a través del tránsito cómodo y seguro a una velocidad y en un tiempo razonables.

El factor mantenimiento es de vital importancia entre los factores de selección del tipo de pavimento. Todo pavimento, cualquiera que sea su clase o categoría, requiere forzosamente de mantenimientos preventivos y correctivos, con el objeto de alcanzar su vida útil con un servicio adecuado y seguro.

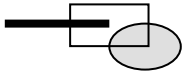
En los pavimentos rígidos o flexibles, cuando es llevado a cabo el mantenimiento preventivo o menor en los períodos prefijados desde el proyecto y con base a evaluaciones rutinarias del pavimento, se ayudará a evitar mantenimientos mayores como son rehabilitación o reconstrucción.

Por ello, para iniciar las estrategias de conservación vial, lo primero con que tiene que contar el especialista es con un inventario general de condición física del pavimento de la red en estudio para programar los trabajos a realizar, como se desarrollo en el capítulo anterior de esta investigación.

Una vez definido el estado funcional de un pavimento se procede, en caso necesario, a realizar una evaluación de daños estructurales del mismo. Posteriormente se procede al análisis de la base de datos de fallas del pavimento, esto mediante el auxilio de un catálogo de deterioros que se incluyó también en esta investigación, éste servirá para posteriormente definir las estrategias de conservación de la infraestructura vial, utilizando las técnicas más adecuadas de acuerdo al tipo de deterioro; por último se procede a la ejecución y el control de obra.

Se hizo mayor énfasis en las técnicas y operaciones para la conservación de pavimentos rígidos debido a las características de la red vial de la ciudad de Mazatlán y por que actualmente no se aplican ninguna de estas técnicas mencionadas, lo único que se realiza son trabajos de bacheo con mezcla asfáltica, situación que al parecer a favorecido más al avance del deterioro de los pavimentos rígidos en la ciudad.

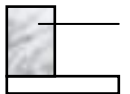
De acuerdo al tipo de fallas más comunes encontradas en los pavimentos de la red vial de la ciudad de Mazatlán y a las grandes ventajas mostradas en este capítulo que ofrece el uso de la técnica Whitetopping, resulta una alternativa muy recomendable para la rehabilitación de las vialidades más deterioradas de la red vial de la ciudad. Esta técnica ya ha sido probada con éxito en algunas vialidades de la ciudad, sin embargo es incomprensible el desperdicio de los recursos disponibles con trabajos de mantenimiento mal realizados, que lo único que provocan es la creación de un circulo vicio de gastos de mantenimiento. Es por ello, que se hace extensiva la recomendación de esta técnica de rehabilitación para la aplicación en la red vial de la ciudad de Mazatlán, ya que ofrece una solución de acuerdo con cada uno de los problemas que se presenten.



..



Capítulo 5.



CAPÍTULO 5

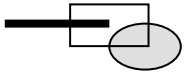
PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS

5. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS.

5.1 ANTECEDENTES.

Un Sistema de Administración de Pavimentos, es un conjunto de procedimientos sistemáticos que contemplan los trabajos de diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos, así como los de guarniciones, banquetas, señalamiento, iluminación y obras de drenaje. Las actividades a desarrollar en el sistema, principalmente, son tendientes a alcanzar una mejor aplicación de los recursos tanto económicos y humanos que se pretender aplicar.

Al paso del tiempo, las autoridades municipales, estatales y federales encargadas del sistema, han estimado erróneamente que el área de administración de pavimentos es de poca importancia en comparación con la de construcción. Por otra parte, es destacable el hecho de que normalmente se carece de procedimientos de planeación que permitan priorizar las acciones. Tomando en



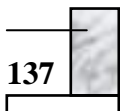
Capítulo 5.

consideración que en la mayoría de las ciudades medias como Mazatlán los trabajos de administración de pavimentos no contemplan la planeación, las actividades se llevan a cabo sin tomar en cuenta conocimientos de ingeniería de tránsito, calidad de la vía, características de los materiales que sustentan la infraestructura vial, el drenaje pluvial, los tipos de pavimentos y otros factores variables que no se evalúan científicamente. Por esta razón no se hacen esfuerzos para implementar un sistema que logre efficientar los trabajos en el ámbito, desarrollando acciones que se establecen a base de estimaciones empíricas, la tradición y muchas veces la experiencia del ingeniero, suponiendo que la administración de pavimentos representaba una problemática más allá de la sistematización.

Tomando en consideración lo anterior, es necesario que todo organismo que opera y mantiene el sistema, deba ejercer sus funciones con eficiencia y calidad, con la finalidad de que los recursos estén bien programados. Es preciso, entonces, que todo ente encargado de estas actividades adopte en un sistema de administración de pavimentos bien elaborado, diseñado y manejado por profesionistas altamente capacitados para llevar a cabo las actividades.

En el año de 1992 la SEDESOL implementó, en la Dirección General de Infraestructura y Equipamiento, el Programa de Vialidad y Transporte para Ciudades Medias del País, instrumentándose los Estudios Integrales de Vialidad y Transporte de las localidades que contemplan cinco componentes: Desarrollo Institucional, Vialidad y Tránsito, Transporte Público, Administración de Pavimentos e Impacto Ambiental, en la componente de Administración de Pavimentos se atiende la problemática del diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de la infraestructura vial.

Así, en el año de 1994, con los resultados de estudios integrales realizados en las ciudades de Nuevo Laredo y Reynosa, Tamps., la ciudad de León, Gto., se generó el primer sistema de administración de pavimentos tomando en cuenta la normatividad de la SEDESOL y el Banco Mundial. De esta forma surgieron los conceptos básicos que han dado lugar al sistema de administración de pavimentos en vialidades urbanas.



En el sistema de administración de pavimentos urbanos la etapa de planeación contempla, en primer término, la determinación de la situación actual para identificar los problemas principales (diagnóstico) que hacen que esa realidad presente sea distinta de la condición ideal a la cual se aspira llegar para contar con niveles de servicio satisfactorios.

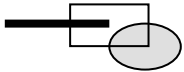
Una vez detectados estos problemas, es necesario formular alternativas de solución a los mismos, evaluar las necesidades de recursos que generan las distintas soluciones y, compararlas con la capacidad financiera de la institución encargada de atenderlas. Finalmente, luego de un análisis comparativo de tales alternativas, se selecciona aquella que, encontrándose dentro de las limitaciones de recursos potenciales, producirá altos beneficios a bajos costos.

Para el caso de la administración de pavimentos en áreas urbanas, la elaboración del diagnóstico de la situación actual se efectúa de una manera cuantitativa, detectando de la red vial básica los tramos que se deben de pavimentar y aquellos en los que se requiere hacer una evaluación de su situación actual. Este es un “parteaguas” significativo, tomando en consideración la necesidad de estimar aquellos tramos donde existe la necesidad de proporcionar una superficie de rodamiento que atienda a la movilidad del tránsito y de aquellos tramos donde se requiera restituir el nivel de servicio con el que fue diseñado y construido.

Es indispensable hacer notar que todos los trabajos a desarrollar tienen que ser almacenados para su procesamiento en el sistema de administración de pavimentos realizado por la Secretaría de Desarrollo Social u otro similar, denotando más adelante el equipo humano, el hardware y software a emplear.

Objetivo capitular

Describir los procedimientos y acciones propuestas a realizar para llevar a cabo la implementación e implantación del sistema de administración de pavimentos para la red vial de la ciudad de Mazatlán.



5.2 IDENTIFICACIÓN DEL DIAGNÓSTICO

Para presentar una propuesta de solución sobre la administración de los pavimentos de la red vial es muy importante la identificación de un diagnóstico, esta parte del proceso, es esencial para implementar un buen resultado. Si el diagnóstico está deficiente, la respuesta no es la adecuada.

Como primera etapa del diagnóstico, identificaremos las características de la red, posteriormente la forma actual de administración por parte del gobierno municipal y los recursos materiales. Paralelamente, se va investigando la situación financiera y los recursos humanos así como los tecnológicos, involucrados en la conservación y mantenimiento de la red vial.

Después de analizar los diversos factores que pueden afectar la gestión de la red vial se presenta, en la figura 5.1, el esquema que permite tener un panorama más amplio de esta problemática.

Financieramente, los recursos destinados específicamente al rubro de conservación y mantenimiento vial anualmente son muy limitados, lo cual genera un gran problema para la operatividad de la red, ya que no se puede implementar algún programa de trabajos preventivos, sólo se realizan correctivos. Los recursos no alcanzan a cubrir la gran necesidad de requerimientos por atender, aún agregando las donaciones de asfalto o concreto hidráulico que se han conseguido por el ayuntamiento en la actual administración de gobierno por parte de empresas privadas.

En los últimos años el rubro de conservación y mantenimiento para las vialidades ha incrementado sus deficiencias presupuestales, esto debido a que se ha dado prioridad a la construcción de nuevas vialidades que ayuden a solventar la creciente demanda de la ciudad de Mazatlán.

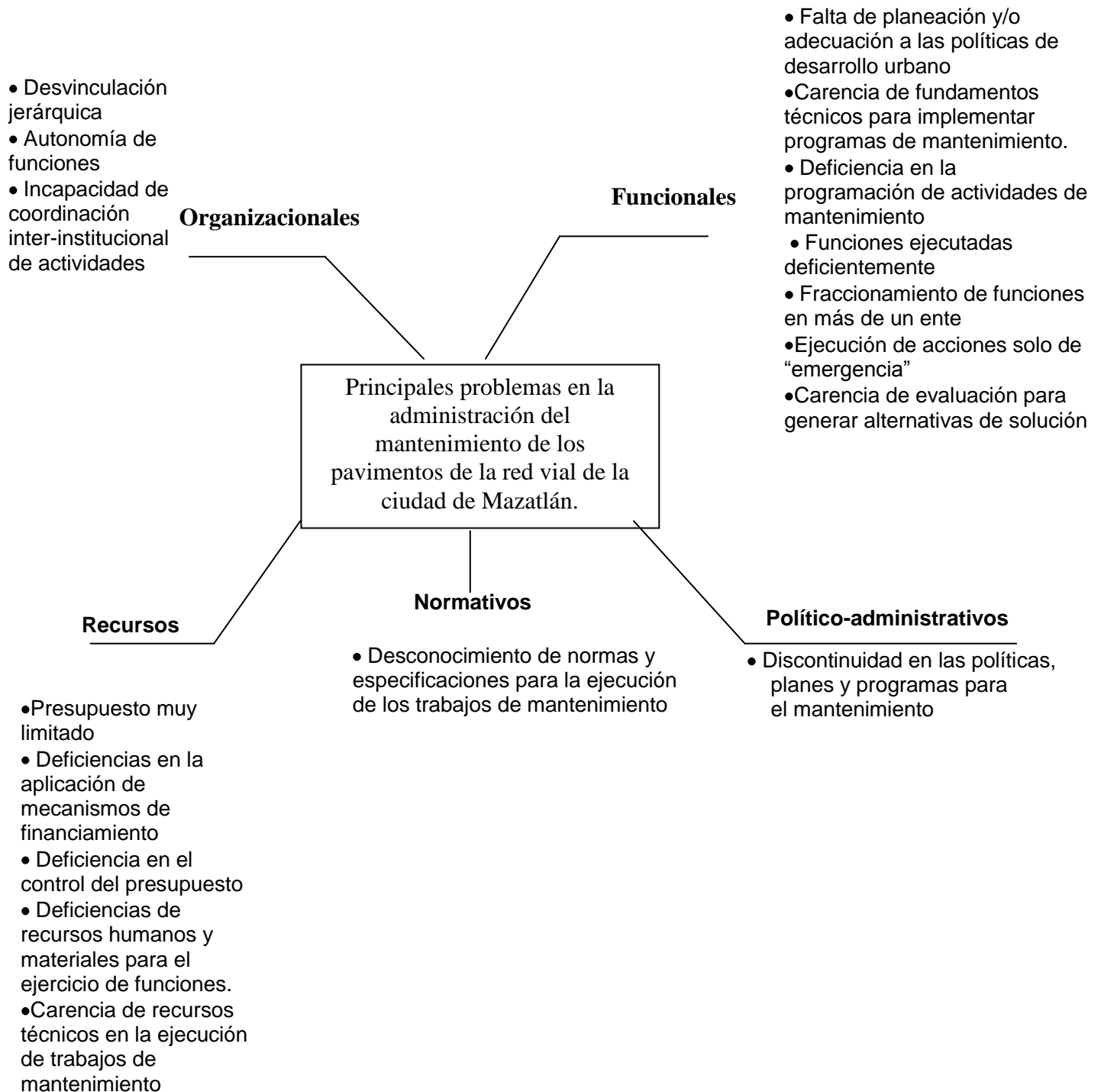


Figura 5.1 Esquema de la problemática

El presupuesto asignado para el mantenimiento vial es muy limitado, como un ejemplo en el año 2005 se destinaron apenas \$670,000.00, en los últimos dos años se duplico hasta llegar a \$1'250,000.00, sin embargo sigue siendo insuficiente para llevar a cabo los trabajos de conservación de la red vial, se aprecia demasiado deterioro en una gran parte de ella. Es difícil iniciar programas de mantenimiento preventivo con este tipo de presupuestos.

El estado funcional y estructural de los pavimentos que conforman la red vial debido al paso del tiempo y al escaso e ineficiente mantenimiento, presentan severos deterioros que no permiten un funcionamiento adecuado de los mismos. Es muy necesaria una rehabilitación para que en el futuro se pueda implementar un programa de mantenimiento preventivo. Los trabajos realizados a la fecha en cuanto a conservación rutinaria se complican, debido a que se desconocen las especificaciones y la normatividad a considerar para la ejecución de estas actividades.

Los equipos y la maquinaria empleada para la ejecución de las labores de mantenimiento no son los adecuados ni mucho menos los más modernos, desafortunadamente la falta de recursos, la nula capacitación del personal y la ausencia de un programa de trabajo donde estén involucrados los responsables de la conservación y mantenimiento han sido las partes importantes para que no se ejecuten los trabajos de una manera adecuada.

Los recursos humanos tienen diversos problemas, que limitan el buen desarrollo de los trabajos, principalmente la falta de capacitación y la existencia de perfiles que alcanzan a cubrir las necesidades presentadas.

Es importante analizar el perfil del personal que integran tanto el Departamento de Planeación como el de Mantenimiento Vial, ya que la mayoría de los técnicos son habilitados, con conocimientos básicos, a los cuales no se les capacita para que puedan atender los problemas; en algunas ocasiones su perfil académico los limita. Esta situación es una problemática muy generalizada en la mayoría de las dependencias del Ayuntamiento de Mazatlán, ya que el

presupuesto tan limitado impide la contratación de personal especializado y con mayor experiencia.

Dentro de la estructura organizacional del municipio no cuentan con dependencia que se encarguen de realizar los estudios necesarios que permitan definir las políticas y programas en materia de planeación y conservación de la infraestructura vial, y mucho menos para la realización un seguimiento de los mismos.

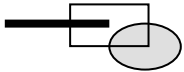
Actualmente en la ciudad de Mazatlán no contamos con la información necesaria o con las herramientas que nos ayude a predecir con precisión el tiempo correcto de aplicación de los tratamientos adecuados de conservación, lo que ha contribuido a aumentar la problemática de la administración de los pavimentos.

5.3 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

5.3.1 Reestructuración organizacional.

Para que un proyecto como el que se plantea en esta investigación pueda llegar a buen término, es fundamental establecer una estructura organizacional responsable bien clara, donde cada parte de ella tenga responsabilidades específicas, complementarias y no redundantes, ya que estos son procesos integrales donde deben intervenir, de manera coordinada, distintas instancias de la administración gubernamental. Dentro del esquema que se propone hacer, la responsabilidad institucional debe centrarse en servir como facilitador, estableciendo los vínculos necesarios para asegurar una comunicación transparente entre las dependencias participativas.

Esta propuesta de implementación se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, económicos y humanos, de manera tal que sea posible mejorar las funciones de las dependencias municipales y por consiguiente el bienestar de la ciudad actual sin comprometer la calidad de vida de los ciudadanos, solo así se puede alcanzar la sustentabilidad que esta propuesta necesita.



Capítulo 5.

También muestra una capacidad de innovación tecnológica haciendo referencia al potencial y posibilidad para desarrollar, implementar, incorporar y/o adecuar nuevas tecnologías a los procesos del sistema de administración propuesto.

La sustentabilidad de la tecnología se tomará en cuenta antes de comprometerse con ella. En muchos casos, será deseable asegurar que la tecnología adoptada para una elección será útil también para la subsecuente. Adoptar nueva tecnología para cada elección puede ser costoso e insostenible en el largo plazo.

Otro elemento relativo a la sustentabilidad tecnológica debe ser el aseguramiento de fondos no sólo para la instrumentación inicial, sino para el ciclo de vida previsible. Los costos de operación, mantenimiento y actualización pueden ser considerables. Estos fondos deben ser presupuestados y garantizados antes de comprometerse con el uso de nuevas tecnologías para la implementación de esta propuesta.

Es necesario determinar el nivel posible de mejoramiento en función de recursos y políticas actuales del gobierno municipal y recomendar acciones específicas, insumos y/o procedimientos para mejorar la gestión.

Cabe hacer notar que el presupuesto que han asignado las últimas administraciones municipales de la ciudad de Mazatlán al mantenimiento vial ha sido mucho menor al que asignaron para la construcción de las mismas, con esto nos damos cuenta que la construcción de vialidades resulta mas redituable sobre la conservación para las administraciones municipales.

El concepto de la conservación de pavimentos no es un tema nuevo, como tampoco lo son los tratamientos que se emplean para restaurar pavimentos, lo novedoso serán los cambios al sistema tradicional de administración de pavimentos que no funciona actualmente en la ciudad de Mazatlán.

Convencer a las autoridades municipales que la reestructuración en el área de la conservación de vial estará orientada a brindar y a mantener vialidades usando tratamientos de bajo costo para retardar el deterioro del pavimento; se extenderá la vida útil del pavimento mejorando su desempeño, reduciendo las molestias para los usuarios. Comprendamos que programas de conservación bien estructurados ahorran dinero a largo plazo y este servicio es siempre bien recibido por los usuarios, quienes como contribuyentes de impuestos proveen los fondos monetarios a las entidades gubernamentales y al final son los que hacen la evaluación de su trabajo como autoridades municipales. Estos son algunos de los puntos más destacados por lo cual el interés de las autoridades en la implementación de este sistema debe ser muy alto.

Para replantear una reestructuración organizacional dentro del municipio, es necesario identificar las dependencias que tiene a su cargo la administración de la conservación de la red vial y después de analizar a fondo posibles cambios o reestructuraciones para cada una de ellas, traerá como resultado la creación de nuevas dependencias que se encargarán de dicha administración, así como la integración e inclusión de algunas de ellas a las dependencias que actualmente trabajan para el mejoramiento en sus funciones.

Estas reestructuraciones son determinantes y son primordiales para la buena coordinación entre las dependencias, ya que no es adecuado ni conveniente que cada dependencia trabaje aisladamente. Debido a la antes mencionado siempre se deben analizar los problemas de conservación y mantenimiento vial de forma integral, con la finalidad de entregar resultados concretos.

Dicha reestructuración tal y como se ha explicado coadyuvará a las labores que actualmente llevan a cabo algunas dependencias dentro del municipio de Mazatlán como la Dirección de Obras Públicas y la Dirección de Planeación, y complementar dichas labores para así obtener los resultados esperados en la implementación de este Sistema de Administración de Pavimentos.

Capítulo 5.

Se debe crear una nueva dependencia con mejores recursos y capacidades para mejorar la administración y el manejo de la infraestructura del transporte en la ciudad. Para llevar a cabo lo antes mencionado es necesario contar con una base de datos y estadísticas del transporte en la ciudad que sea responsabilidad directa del ayuntamiento su control y no depender del gobierno estatal, es por eso que también se creará otra dependencia encargada de llevar a cabo dichas funciones.

Sin embargo, para poder contar con estas bases de datos es necesario un mejoramiento en las funciones que actualmente desempeña la Dirección de Informática, para lo cual proponemos una reestructuración en sus funciones y en su organización.

La transparencia en las funciones de las dependencias involucradas en el sistema deberá generar un ambiente de confianza, seguridad y franqueza entre el gobierno y la sociedad, de tal forma que las responsabilidades, procedimientos y reglas se deben establecer, realizar e informar con claridad y estar abiertas a la participación y escrutinio público.

5.3.1.1 Creación de la Secretaría de Infraestructura y Planeación para el Desarrollo Urbano Sustentable.

La propuesta de crear esta Secretaría e incluirla dentro de la estructura organizacional del municipio de Mazatlán, es conformar una dependencia con los recursos y la capacidad suficientes para administrar de mejor manera la infraestructura del transporte en la ciudad de Mazatlán. Esta Secretaría se formará mediante la unificación de tres dependencias que actualmente operan en la estructura organizacional del municipio que son la Dirección de Planeación del Desarrollo Urbano, la Dirección de Obras Públicas y la Subdirección de Ecología, a la cual proponemos elevar al rango de Dirección de Ecología para que adquiera mayor relevancia en sus funciones y cuidar un aspecto tan importante como es el medio ambiente; también formará parte la Dirección de Vialidades y Proyectos que será propuesta en esta investigación.

La conjunción de estas direcciones tendrá como objetivo principal estar en coordinación la planeación, la ejecución de obras y el seguimiento dentro del medio ambiente natural y urbano de la ciudad de Mazatlán, así como la definición de políticas para el desarrollo de la infraestructura del transporte.

Otro de los objetivos en la formación de esta Secretaría es servir como punto de partida para la implantación del IMPLAN en la ciudad de Mazatlán. En nuestro país, el IMPLAN¹ es un organismo descentralizado del gobierno municipal, rector de la planeación del desarrollo sustentable que fortalece y encausa las acciones en materia económica, social y cultural y cuenta con los mecanismos de participación donde la sociedad civil, organismos intermedios y autoridades de los tres ordenes de gobierno diseñan su futuro en el corto, mediano y largo plazo, logrando que la planeación sea un proceso continuo de trabajo de sociedad y gobierno.

Cabe mencionar que en nuestro país ya existen alrededor de treinta y cinco IMPLAN en igual número de municipios, de los que destacan los de ciudades como Culiacán y Chihuahua, por sus similitud con la de la ciudad de Mazatlán.

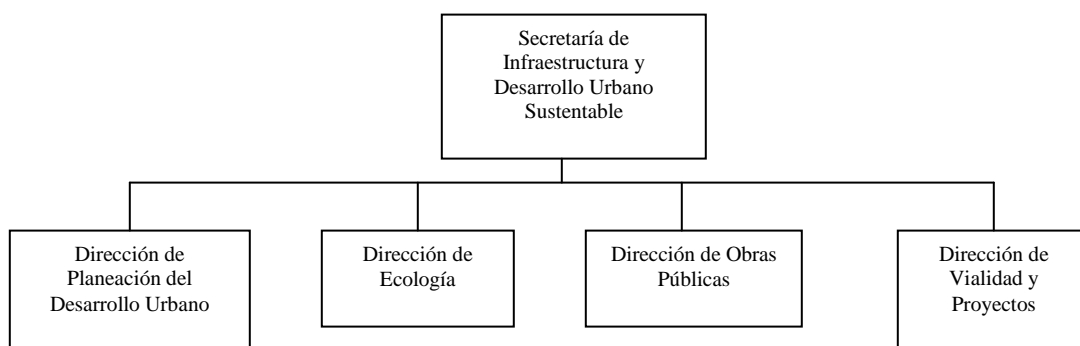
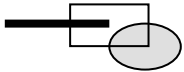


Figura 5.2 Organigrama propuesto para la Secretaría de Infraestructura y Planeación para el Desarrollo Urbano Sustentable.

¹ ¿Qué es implan?, consultado vía Internet, www.implan.gob.mx



5.3.1.2 Creación de una Dirección de Vialidad y Proyectos.

Se propone la creación de esta Dirección, tomando como referencia a algunas ciudades del país donde cuentan con estas áreas de trabajo en su estructura organizacional como la ciudad de México y la ciudad de Durango. Una de las principales razones para la creación de esta dirección radica en la necesidad de contar con estadísticas y una base de datos del transporte de forma independiente en la ciudad de Mazatlán, ya que actualmente es el gobierno estatal el único responsable de la elaboración y control de dichas bases de datos y estadísticas. Otra razón es la necesidad de infraestructura que tiene actualmente la ciudad, debido al acelerado crecimiento poblacional y vehicular. Contar con ese tipo de información ayudará enormemente a desarrollar proyectos y programas como el que se está planteando en esta investigación, los cuales resultan muy necesarios para el desarrollo de la ciudad de Mazatlán.

La Dirección de Vialidad y Proyectos como anteriormente se mencionó formará parte en conjunto con otras direcciones de una nueva Secretaría encargada de administrar la infraestructura del transporte en la ciudad de Mazatlán.

Su Visión será:

Integrar un grupo de profesionales especializados en ingeniería vial, organizados para obtener integral y analizar la estadística del transporte y su relación con la oferta de infraestructura, para proponer planes y proyectos de desarrollo, que promuevan su eficacia, seguridad y eficiencia.

Su Misión será:

Apoyar la planeación de la red vial, creando y administrando un sistema de información sobre la demanda del transporte y la oferta de infraestructura vial.

Funciones:

- ❖ Participar en la definición de políticas para el desarrollo de la infraestructura para el transporte.

- ❖ Coordinar y participar en los estudios para la planeación del sistema vial y coadyuvar en la formulación de los programas para el desarrollo de la infraestructura vial de la ciudad.
- ❖ Contribuir conforme a las políticas del Ayuntamiento, en el desarrollo de los criterios, estrategias y programas para la asignación de las inversiones destinadas a la infraestructura vial.
- ❖ Participar en la ejecución y evaluación de estudios y proyectos, de vialidad y transporte, a fin de mejorar las condiciones de seguridad, comodidad y eficiencia del sistema vial de la ciudad.
- ❖ Recopilar y difundir la información relativa al tránsito de vehículos en la red vial, necesaria para definir las características, tipo y ubicación de la infraestructura del transporte a construir, modernizar o conservar.
- ❖ Controlar y supervisar que los proyectos de las obras que se ejecutan en la ciudad, sean funcionales se ajusten a las especificaciones aprobadas.
- ❖ Asesorar a las unidades administrativas del Ayuntamiento y participar en la capacitación del personal para la supervisión de los proyectos.

5.3.1.3 Creación de una Dirección General de Geoestadística e Informática.

Se propone la formación de esta dependencia tomando como referencia a algunas ciudades del país donde cuentan con estas áreas de trabajo en su estructura organizacional, como la ciudad de Chihuahua y la de ciudad Juárez en el estado de Chihuahua. Esta dependencia surgirá de la reestructuración de la actual Dirección de Informática, a la cual se le harán algunas modificaciones en su estructura organizacional hasta llegar a la nueva estructura propuesta en esta investigación. En la figura 5.3 se muestra un organigrama de la Dirección de Informática.

La nueva dependencia propuesta llevará a cabo los proyectos y estudios viales, los cuales deberán analizar aspectos económicos, sociales y ambientales, pero todos comprenderán el componente espacial. Además servirá como auxiliar en la construcción de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permitirá integrar y analizar los resultados de proyectos para encaminarlos al correcto funcionamiento.

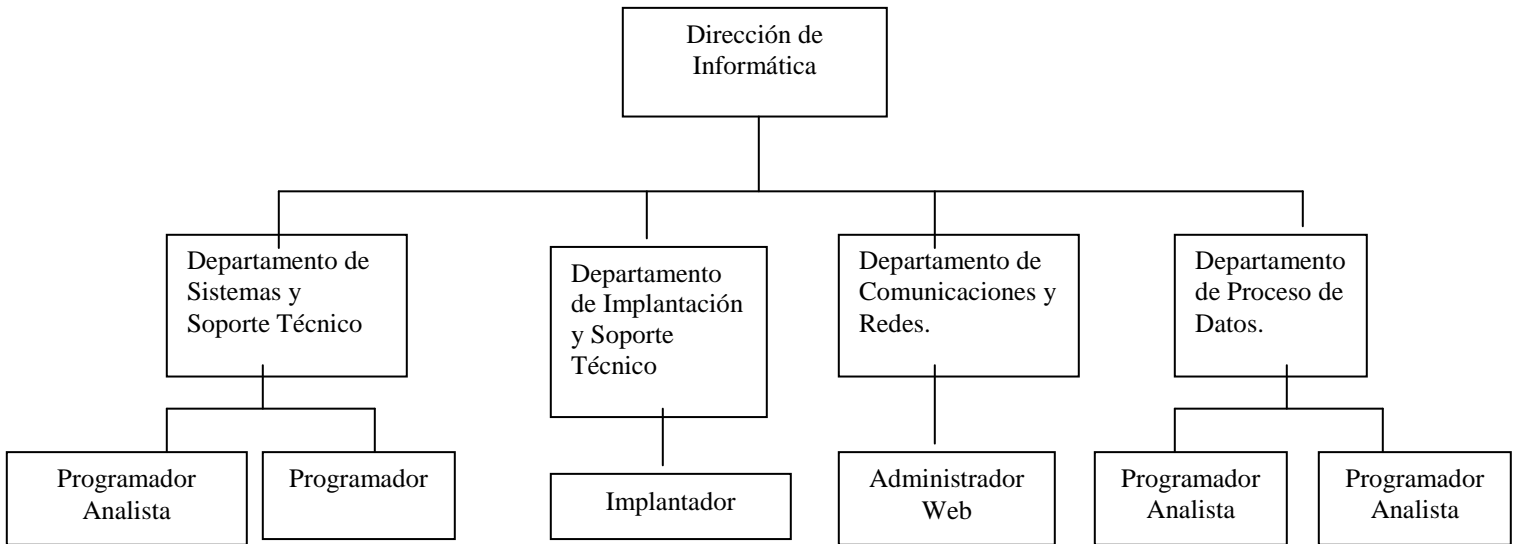
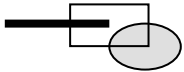


Figura 5.3 Organigrama actual de la Dirección de Informática.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) consiste en concentrar e integrar información cartográfica y estadística actualizada de la ciudad, que nos permitirá generar datos concretos de soporte para la toma de decisiones, otorgar servicios de mayor calidad y en menor tiempo, además de reducir los costos de operación en otras áreas. Tiene su fortaleza en la participación conjunta de las dependencias generadoras y los administradores de tecnologías de éste tipo de información.

Deberán contribuir al Sistema, la Dirección de Planeación del Desarrollo Urbano, la Dirección de Ecología, Tesorería Municipal a través de la Subdirección de Catastro, Dirección de Obras Públicas, Subdirección de Aseo Urbano, Secretaría de Seguridad Pública y Tránsito Municipal.

Es importante destacar el reto que implica hacer coincidir las diferentes fuentes de información cartográfica, en un sistema común de coordenadas que permita la interoperabilidad. La coordinación con otras dependencias debe generar un interés y entusiasmo sui géneris que desemboque en la conformación de una estructura de datos geográficos común, delimitada por normas y especificaciones nacionales que nos permitirá mantenerla organizada y darle un uso eficiente, oportuno y al alcance de todos.

La base de datos del SIG puede incluir entre otros productos:

- Información geográfica escala 1:250,000
- Cartas temáticas de INEGI: geología, edafología, hidrología subterránea, hidrología superficial, uso del suelo y vegetación. Información geográfica escala 1:50,000
- Carta topográfica de INEGI con cobertura de la mancha urbana con información de: Curvas de nivel, hidrografía, vías de comunicación, vías de conducción, toponimia, integración territorial
- Modelos de elevación (representaciones del terreno en tercera dimensión)
- Unidades de paisaje. Información geográfica escala 1: 5,000, escala 1:1,000
- Mapas temáticos con información derivada de los censos económicos y de población.
- Traza urbana a nivel manzana y predio con datos catastrales y de usos de suelo.
- Estructura vial
- Zonas de preservación ecológica
- Límites municipales, del centro de población, de la mancha urbana
- Infraestructura de cabeza: Red de agua potable, de drenaje y de alcantarillado, cobertura de gas natural, red eléctrica, conductos de PEMEX.

Perfil y/o características del responsable para esta dependencia.

Nombre del puesto: Dirección General de Geoestadística e Informática.

Le reportará a: Director General y Subdirector Técnico

Le reportarán: Jefe de Cartografía, Jefe de Sistemas, Jefe de Informática, Jefe de Diseño Gráfico y Jefe de Estadística

No. de personas en el puesto: 1

Tiene relación con las siguientes áreas:

Interna: Con todas las áreas.

Externa: Dependencias de gobierno local, estatal y federal como el INEGI y a proveedores de hardware y software.

Perfil del responsable para esta dependencia.		
NOMBRE DEL PUESTO		Coordinador general de geoestadística e informática.
ESCOLARIDAD		
Formación académica		Ingeniero en informática, Ingeniero en sistemas, Arquitecto, Geógrafo, Ingeniero civil.
Experiencia mínima en el puesto		4 años
DATOS PERSONALES		
Estado civil		Indistinto
Edad		28 años en adelante
CARACTERÍSTICAS		HABILIDADES
Liderazgo Analítico Organizado Trabajo en equipo Proactivo Capacidad para la toma de decisiones		Manejo de tecnologías de sistemas de información geográfica, equipo GPS, Impresora de planos, manejo de servidores, PC's, manejo de imágenes de satélite, Software indicados para el puesto, Internet.

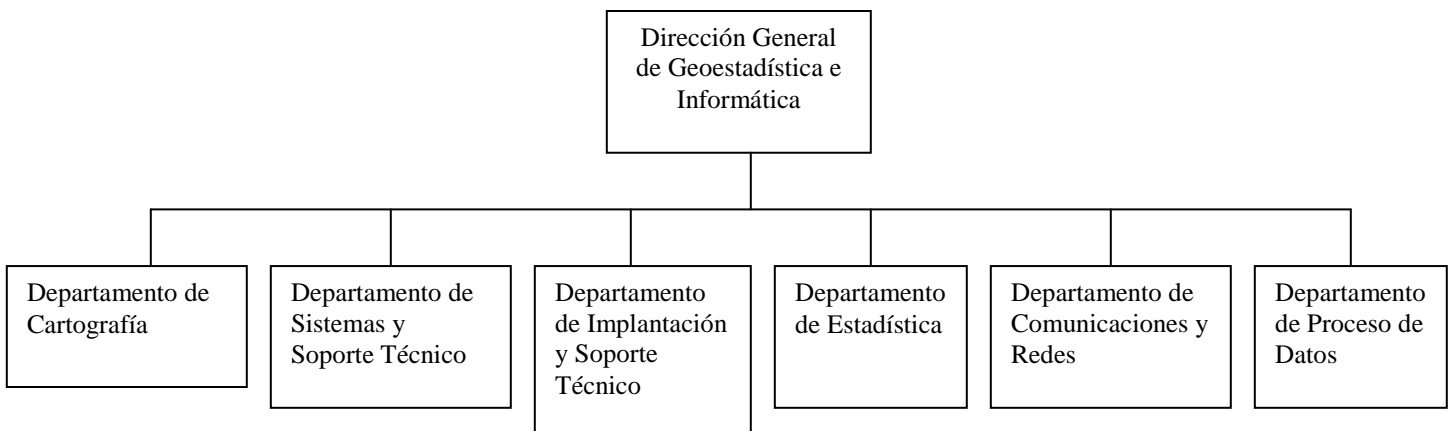


Figura 5.4 Propuesta de organigrama de la Dirección General de Geoestadísticas e Informática.

5.3.2 Capacitación de los recursos humanos.

Las actividades de administración de los pavimentos requieren de personas capacitadas en los diferentes elementos. Muchas actividades de mantenimiento preventivo son básicas y no han cambiado con el avance de la tecnología por lo cual se convierten en actividades rutinarias y pueden ser ejecutadas por personal no especializado; solamente se requiere de un entrenamiento o instrucción específica sobre el equipo, así como algunos cursos de actualización.

Los ingenieros, técnicos y operarios requieren de un adiestramiento continuo sobre cada uno de los equipos y en especial sobre las nuevas tecnologías. La capacitación y entrenamiento no se limitará a cursos esporádicos, sino que debe ser un esfuerzo continuo para mantener actualizado al personal.

A nivel técnico, se sugiere pedir apoyo a instituciones como la SEDESOL, mediante el Programa de Asistencia Técnica, Fortalecimiento Institucional y Capacitación, para alcanzar una mayor eficiencia y eficacia en la operación, administración y autosuficiencia de los organismos que manejan el transporte urbano en las ciudades medias del país y aquellas de prioridad estatal. A través de la aplicación de modelos de mejores prácticas nacionales e internacionales sobre transporte urbano, tendientes a la creación de organizaciones de alto desempeño.

La SEDESOL brindará asesoramiento especializado en:

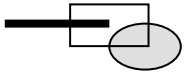
Asistencia Técnica

Proveerá asesoramiento sectorial especializado en:

- ❖ Normatividad
- ❖ Transferencia de tecnología
- ❖ Seguimiento y evaluación de estudios y proyectos
- ❖ Fortalecimiento institucional
- ❖ Coadyuvar en la instrumentación de estudios y proyecto en cada especialidad
- ❖ Apoyar en la elaboración de informes
- ❖ Medir el desempeño de los programas

Capacitación

- ❖ Proveer un Programa de Capacitación General orientado a mejorar los niveles profesionales
- ❖ Desarrollar programas específicos a profesionales y técnicos del municipio.
- ❖ Entrenar en base a programas puntuales técnicos operativos; así como técnicos encargados de la planeación, diseño y administración.



El nuevo entorno exige esquemas que hagan evolucionar más rápidamente a los prestadores de servicios de vialidad, para ello se propone el desarrollo e implementación de modelos de gestión basados en las mejores prácticas nacionales e internacionales adaptados a la cultura de nuestro país y de nuestra ciudad. Estos modelos deben incluir acciones de:

- ❖ Planeación de transporte urbano
- ❖ Estudios integrales
- ❖ Proyectos ejecutivos
- ❖ Seguimiento de obras
- ❖ Implementación de nuevas herramientas de fortalecimiento institucional
- ❖ Aplicación de ISO 9000 con reconocimiento internacional en los distintos componentes del transporte urbano
- ❖ Actualización en el manejo de sistemas computacionales para transporte urbano
- ❖ Ingeniería vial
- ❖ Mantenimiento vial

Elevar la profesionalización de:

- ❖ Técnicos en planeación
- ❖ Ingeniería del transporte
- ❖ Mantenimiento vial
- ❖ Reingeniería de procesos en transporte urbano (ISO 9000).

5.3.3 Responsabilidades institucionales.

Dentro del esquema propuesto, la responsabilidad institucional debe centrarse en servir como facilitador del sistema, estableciendo los vínculos necesarios para asegurar una comunicación transparente entre las dependencias participativas del proceso (autoridades en todas sus instancias, consultores particulares e incluso la comunidad, en aquellos casos que se amerite por la complejidad del problema. Asimismo, las autoridades deben mantener el control y seguimiento del proceso, orientando a los consultores acerca de los objetivos prioritarios a lograr con las medidas en estudio, suministrando la información básica necesaria y llevando a cabo un control

del proyecto continuo y estrecho con los consultores a fin de tener la capacidad de responder rápida y eficazmente a cualquier problema que surja en el proceso.

En este sentido, es esencial determinar claramente las responsabilidades de cada dependencia ya que, como es sabido, el proceso de descentralización administrativa se está llevando a cabo actualmente, lo que trae como consecuencia indeseables desfasamientos entre los aspectos ejecutivos, legales y administrativos del estado, creando conflictos de responsabilidad muy negativos. Para que un proyecto ejecutivo de transporte y tránsito pueda llegar a buen término es fundamental establecer una estructura responsable bien clara, donde cada parte de ella tenga responsabilidades específicas, complementarias y no redundantes, ya que estos son procesos integrales donde deben intervenir, de manera coordinada, distintas instancias de poder.

5.3.4 Generación e implantación del sistema de administración de pavimentos.

5.3.4.1 Elaboración del inventario de la red vial

Primeramente, para iniciar con el proceso de administración, es necesario contar con una cartografía digitalizada de la ciudad en la que se permita señalar la red vial principal, en este caso de la red vial de la ciudad de Mazatlán. A manera de idea, una localidad de 680,000 habitantes, cuyo universo de red vial, incluyendo todas las calles y avenidas, es de 2,550 km, contiene una red vial básica de aproximadamente 358 km, los que representan el 14 %.

El inventario de la red vial proporcionará información sobre la cantidad de pavimentos que el administrador es responsable de gestionar, información sobre la ubicación de las secciones de pavimento e información básica relacionada con las secciones de pavimentos dentro de la red. Es imposible administrar una red de pavimentos como una sola unidad; una tarea importante que se debe llevar a cabo dentro de la implantación de este SAP es la división de la red en secciones o tramos a administrar.

El inventario deberá proporcionar información básica sobre la ubicación y la conectividad de cada sección de gestión dentro de la red vial. Los elementos que se requerirán para cada sección de administración incluyen:

- ❖ Identificación.
- ❖ Ubicación.
- ❖ Número de carriles de tránsito.
- ❖ Clasificación funcional.
- ❖ Área.
- ❖ Tipo de superficie.
- ❖ Niveles de tránsito.
- ❖ Fecha en la cual la superficie fue construida.

Adicionalmente otros datos que pudieran ser útiles son:

- ❖ Información sobre el drenaje.
- ❖ Información de los carriles de estacionamiento.

Con un análisis de la información anterior, no sólo se expresa el estado funcional y estructural, sino que también se está en la posibilidad de indicar el tipo de acción necesaria para elevar esa condición hasta un nivel aceptable, en caso de que ésta fuera deficiente.

En el capítulo 2 de esta investigación, se describieron los métodos de diseño para estructuras flexibles y rígidas, con esta información se tienen ya datos suficientes para elaborar los planos que contengan secciones de construcción, bases para concurso y presupuestos.

5.3.4.2 Establecimiento de un procedimiento sistemático de evaluación.

En cuanto a la evaluación de la red vial, en el capítulo 3, se describió la forma de evaluar el estado de conservación de estas estructuras según el procedimiento de SEDESOL, siendo este estado en cualquier instante, sólo una apreciación puntual dentro de un proceso evolutivo de deterioro, afectado por diversos factores. El objetivo fundamental de su mantenimiento es contrarrestar el avance de esa degradación y reducir sus efectos negativos en el tránsito, mediante acciones que eviten o reduzcan la aparición de fallas, lo más pronto posible, aquellas que se

lleguen a producir. Así, el sistema de administración debe incorporar ciertos esquemas y predicciones con respecto al futuro comportamiento del deterioro, a fin de poder estimar y obtener los recursos económicos suficientes para atender los requerimientos de mantenimiento que se presentarán en un periodo presupuestal dado.

5.3.4.3 Evaluación de la infraestructura vial complementaria.

Como parte de la determinación de las acciones a efectuar en la infraestructura vial, a partir de la instrumentación del sistemas de administración de pavimentos en la ciudad, se estima necesario evaluar el estado de señalamientos, semáforos, alumbrado público, guarniciones, banquetas, acotamientos, de los trabajos que una vez analizados arrojarían acciones que permitan el nivel de servicio.

Estado del Señalamiento Vial.

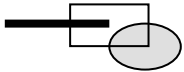
Esta inspección se debe llevar a cabo tanto en intersecciones como en tramos de la red vial. En él se indicará el número de intersecciones; el número y estado de las señales verticales restrictivas, preventivas e informativas; el estado del señalamiento horizontal representado por las marcas en la superficie del pavimento, como son líneas de alto, cruce de peatones y flechas. En las intersecciones se reporta el porcentaje de las mismas y su estado. Para el caso de tramos de la red vial se levantará el porcentaje y estado de las marcas en guarniciones, flechas y rayas de carriles.

Estado de los Semáforos.

La recopilación de información se debe centrar en los postes, las caras de los semáforos y las luces de los dispositivos y la distancia del semáforo al controlador.

Estado de Funcionamiento del Alumbrado Público.

Como parte de la infraestructura que permite un nivel de servicios adecuado a los usuarios, se encuentra la iluminación llevándose a cabo el levantamiento de las luminarias y su estado de funcionamiento.



Estado de Banquetas, Guarniciones y Acotamientos.

También importante en la integración de la red vial y en el sistema de administración de pavimentos, es el estado que guardan banquetas, guarniciones y acotamientos. Para las primeras, se debe indicar el porcentaje construido el tipo y sus dimensiones; para las guarniciones también el porcentaje construido y su tipo y, finalmente, en el caso de los acotamientos, su anchura, el material con que fueron construidos y, el porcentaje construido por tramo.

5.3.4.4 Obtención de datos de ingeniería de tránsito.

En los análisis del sistema de administración, es importante disponer de datos básicos de ingeniería de tránsito de cada uno de los tramos-cuerpo, para poder evaluar las posibles estrategias que se propongan de mantenimiento, rehabilitación y/o reconstrucción; estas labores deberán ser llevadas a cabo por la Dirección de Vialidad y Proyectos propuesta en esta investigación.

Para el sistema de administración son necesarios los datos siguientes de ingeniería de tránsito:

- ❖ Clasificación funcional del tramo. Para efectos del SAP, se clasifica en tres categorías funcionales para las redes viales de las ciudades medianas. Es decir, si el tramo-cuerpo es parte de la vialidad primaria, secundaria o local.
- ❖ Sentido de circulación. Al compilar información sobre el estado del pavimento, se utiliza cierto sentido del recorrido, el cual puede ser diferente del sentido de circulación, por tal motivo, se requiere proporcionar este dato para identificar adecuadamente el resto de la información.
- ❖ Fecha de aforo vehicular, la cual corresponde al día que fue recopilada la información sobre el tránsito vehicular.
- ❖ Volumen de tránsito total diario. Este corresponde al número total de vehículos del sentido de circulación indicado. En caso de que el periodo de observación de los aforos vehiculares haya sido menor de 24 horas, lo cual sucede normalmente, se deberá utilizar algún factor de expansión para convertir los volúmenes de tránsito a totales diarios. Este volumen es equivalente al tránsito diario promedio anual (TDPA) solamente para los tramos-cuerpo de doble sentido de circulación.

- ❖ Composición de tránsito por tipo de vehículo. Este parámetro se refiere a la distribución del tránsito hasta seis tipos de vehículos los cuales ya se han mencionado.

Los datos de ingeniería de tránsito son indispensables en el sistema de administración en los análisis requeridos para la evaluación económica de las acciones propuestas para el pavimento.

5.3.4.5 Propuesta de especialistas, personal de apoyo y equipo.

Como en todos los proyectos, en un principio es necesario que un especialista en sistemas de administración de pavimentos asesore a las autoridades que pretenden implantar el sistema, el que definirá cuál es el grupo de técnicos con que debe contar el ente encargado del diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos e infraestructura vial complementaria, siendo el mínimo recomendable el que a continuación se menciona.

Especialistas.

No.	Especialista	Comentarios
1	Sistema de administración de pavimentos	Para la implantación de un sistema, es indispensable contar con este técnico que haya hecho este tipo de actividades.
2	Coordinador	Es personal que dirija un organismo relacionado con los pavimentos pudiendo ser el subsecretario de Obras Públicas. El tiempo a utilizar sería del 10 % de su jornada.
3	Pavimentos	Este especialista es de tiempo completo, debe tener experiencia en el diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos.
4	Ingeniería de tránsito	Su participación es de 15 % de su jornada y desarrollara la determinación del tránsito y su comportamiento presente y futuro que les servirá de base al especialista en pavimentos para el diseño y evaluación de pavimentos.
5	Hidráulica	El apoyo que dará, es en las obras de drenaje que interfieran en o debajo de la estructura del pavimento. El tiempo requerido de este técnico es de un 10 %.
6	Laboratorio de mecánica de suelos	Este especialista deberá contar con una amplia experiencia en el conocimiento de los materiales tanto del terreno natural, como de los bancos con que se construirán las capas de los pavimentos. El tiempo requerido es de un 20 %.
7	Autocad	Encargado de plasmar en planos los trabajos que arroje el sistema.
8	Informática	Especialista responsable desde la creación de la base de datos, hasta la operación del sistema computarizado de administración de pavimentos de la SEDESOL
9	Precios unitarios	Técnico que determinará los costos de las acciones que se pretenden construir.

Personal de apoyo.

No.	Especialista	Comentarios
1	Técnico A (2)	Personal que recorrerá la red vial para determinar los tipos de pavimentos, guarniciones, banquetas, estado de conservación del señalamiento horizontal y vertical e iluminación.
2	Técnico B (2)	Personal que generara la base de datos en computadora.
3	Choferes (2)	Personal que conducirá los vehículos durante los recorridos.

Equipo.

No.	Equipo	Comentarios
1	2 Computadoras	Deberán estar destinadas exclusivamente para la operación del sistema.
2	1 Impresora láser	
3	1 Plotter	
4	2 Camionetas	

Siguiendo las etapas para elaborar el sistema, como se ha desarrollado, el proceso de planeación empieza con la determinación del universo de la red vial de la localidad a la que se le pretende implantar, siendo en una primera etapa la red vial principal en la que la integral de vialidad primaria, secundaria, de accesos a colonias y transporte público, que es la que presenta mayor demanda de tránsito.

Dada la enorme acumulación del mantenimiento diferido y la necesidad urgente para definir un programa de construcción, rehabilitación y mantenimiento de pavimentos, cuya implantación resultará en grandes beneficios inmediatos, tanto en términos de la conservación de la infraestructura como de ahorros a los usuarios, el sistema de administración de pavimentos diseñado y elaborado por la Dirección General de Infraestructura y Equipamiento de la SEDESOL para las Ciudades Medias Mexicanas, para cumplir con las tareas de Proyecto de Transporte Urbano bajo normatividad de Banco Mundial, pone énfasis en la utilización de especialistas, personal de apoyo y equipo adecuados, ya que de ser instrumentado en una localidad, el sistema puede monitorearse al menos dos veces por año.

5.3.4.6 Definición de las acciones de administración de pavimentos por ejecutar.

Tomando en consideración los diferentes componentes de la infraestructura vial de la ciudad y las deficiencias que se producen en esta, el sistema propuesto requiere que se definan y establezcan las actividades con que se les dará respuesta y que se traducen en trabajos específicos que pueden ser debidamente cuantificados y presupuestados.

Considerando la gama de responsabilidades que las autoridades locales deben contemplar en el futuro, o que puede ser requerida a atender eventualmente por razones imprevistas, se han determinado las acciones siguientes de:

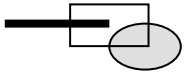
1. Construcción
2. Mantenimiento preventivo
3. Rehabilitación
4. Refuerzo estructural
5. Reconstrucción.

Las acciones a implementar, en cada una de las actividades anteriormente señaladas, medidas en términos de volumen, superficie o unidades, requeridas anualmente por km de carril o de calzada, son las que se denominan acciones de administración de pavimentos y se utilizan en las etapas de planeación y programación con el fin de establecer los montos presupuestales para disponer de los recursos (mano de obra, equipos y materiales) necesarios en la ejecución del volumen de trabajo calculado.

5.3.4.7 Evaluación periódica de la condición de la infraestructura.

La evaluación de la condición de la infraestructura vial, tanto al inicio del ciclo de administración como una vez ejecutadas las acciones de mantenimiento en un período, es uno de los pasos más importantes en la etapa o fase de planeación dentro del ciclo administrativo.

La evaluación de la condición de un pavimento empieza con la recolección de datos para determinar el tipo, la cantidad, la severidad de los deterioros superficiales, la integridad estructural, la calidad de circulación y la resistencia al deslizamiento del pavimento. Los datos



Capítulo 5.

sobre la condición de los pavimentos son necesarios para la evaluación determinación de las necesidades de trabajos de mantenimiento y rehabilitación; también se usan para pronosticar el comportamiento del pavimento, establecer las estrategias de mantenimiento y rehabilitación y para ayudar a optimizar el financiamiento disponible para esos trabajos.

El sistema de administración de pavimentos permitirá llevar a cabo en forma expedita y objetiva, el levantamiento de la condición de la infraestructura de la red vial urbana. En el capítulo 3, se documenta el proceso que se realizará periódicamente, utilizando personal de base de la localidad, de acuerdo con las responsabilidades fijadas por la ley.

5.3.4.8 Priorización de acciones

Es necesario determinar, con base en la disponibilidad económica del presupuesto asignado por el ayuntamiento, además de la evaluación económica, el orden en que se ejecutarían las acciones. Se considera que el subsistema diseñado responderá efectivamente a las necesidades de la localidad y, que los programas anuales que resulten, reflejan de manera realista la necesidad técnica y económica de implantar un programa sostenido y balanceado en cuya determinación se incluyan consideraciones de límites presupuestales, las expectativas y demandas del usuario, así como los aspectos sociopolíticos que conllevan a acciones de esta naturaleza.

Una vez que fueron identificadas las secciones de pavimento que necesitan acciones de mantenimiento o rehabilitación y se determinan los fondos necesarios para mantener la red vial de pavimentos en la condición deseada, el Ayuntamiento de Mazatlán debe priorizar y asignar los fondos monetarios correspondientes. En la mayoría de los casos, la cantidad de fondos disponibles es menor que la que necesita para completar todas las reparaciones identificadas; por lo que aún cuando existan suficientes fondos, ellos deberán ser distribuidos a través de varios años para igualar la cantidad de trabajo con el personal disponible. Lo anterior se hará con el objetivo de priorizar para obtener la mejor condición posible en la red vial dados los fondos a gastar.

Para esta priorización puede usarse un procedimiento sencillo basado en hacer un “ranking”, sin embargo, este tipo de procedimiento está limitado por el número de factores que pueden ser considerados. Los procedimientos de “ranking” generalmente asignan las prioridades más altas a aquellas secciones en las peores condiciones, sin considerar la utilidad de los fondos a gastarse, por lo cual su uso puede someterse a varias consideraciones.

5.3.4.9 Obtención de los recursos financieros.

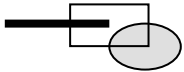
En la actualidad es muy importante contar con un sano historial de pago de las deudas. Las tareas que realizan los gobiernos estatales y municipales son enormes, interminables y muy costosas. Los recursos son escasos y no aumentan en forma proporcional al rápido crecimiento de las necesidades de la población, simplemente no hay dinero que alcance para satisfacer las demandas de los habitantes, de ahí la necesidad de contar con esquemas de financiamiento diferentes a las tradicionales.

En este contexto, el crédito se presenta como un ingrediente esencial para la acción gubernamental. Con dinero es posible fortalecer financiera e institucionalmente a los estados y municipios para que funcionen eficaz y eficientemente, y otorguen servicios públicos de calidad.

Convenio CEMEX-BANOBRAS.

BANOBRAS otorga financiamiento a las administraciones estatales y municipales, para que sus localidades y centros de población cuenten con la infraestructura y los servicios públicos que la sociedad demanda, buscando con ello elevar el nivel de bienestar de sus pobladores y generando a la vez, las condiciones que permitan impulsar el desarrollo de más actividades económicas, en beneficio de la economía municipal.

Mediante la realización de este tipo de obras, se contribuye al ordenamiento, modernización y conservación de la infraestructura vial, al control y disminución de los niveles de contaminación ambiental y se incrementa la calidad y eficiencia del sistema de vialidad y transporte.



Ventajas de contratar crédito BANOBRAS:

La asistencia técnica es el principal baluarte. A diferencia de otros bancos, el financiamiento de BANOBRAS viene acompañado de una importante labor de asistencia técnica en los sectores de atención del banco.

El compromiso social es el gran interés, se evalúa no sólo la rentabilidad del proyecto, sino el impacto social del mismo. Se elaboran estudios técnicos, financieros, socioeconómicos y legales que sustentan la viabilidad y solicitud de recursos que le sean prestados.

Se ofrecen diferentes instrumentos de asociación con la iniciativa privada a través de inversiones que complementan las aportaciones de capital de los inversionistas privados, participando como accionista temporal: apoyos por la vía de otorgar recursos en aquellos proyectos de alta rentabilidad social.

Entre las obras y proyectos que BANOBRAS puede financiar son:

- Construcción y mejoramiento de vialidades.
- Calles, puentes peatonales y mejoramiento de cruceros.
- Pasos a desnivel, señalamiento vial.
- Alumbrado público y semaforización.
- Construcción de estacionamientos públicos.
- Construcción y mantenimiento de carreteras, libramientos y puentes.
- Urbanización y pavimentación de calles incluyendo drenaje pluvial y obras inducidas.

Por ello, en la constante búsqueda de esquemas que permitan a las entidades gubernamentales estados y municipios lograr un mayor desarrollo de los municipios de México, Cementos Mexicanos, S. A. de C. V. (CEMEX), y el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S. N. C., (BANOBRAS), han firmado un acuerdo de colaboración que tiene como objetivo principal promover conjuntamente, ante autoridades municipales y estatales, la elaboración de estudios, proyectos ejecutivos y construcción de infraestructura básica, urbana, vial y de servicios, por lo

cual se convierte en una opción viable para el financiamiento de las actividades del sistema de administración de pavimentos.

CEMEX, por su parte, se compromete a analizar los proyectos y en su caso, cuando lo considere viable, apoyar directamente o a través de consultores, la elaboración de proyectos ejecutivos para el desarrollo de obras de infraestructura básica, urbana, vial y de servicios.

❖ Proceso.

Para poder incluir algún proyecto dentro del Convenio CEMEX-BANOBRAS es necesario cumplir lo siguiente:

A. Que el cliente solicite crédito a BANOBRAS para financiar el proyecto.

B. Que el proyecto contemple el uso de cemento y/o concreto hidráulico.

❖ Definir los alcances del proyecto.

1. Carta de Intención por la entidad que solicite el crédito a BANOBRAS para la construcción del proyecto, solicitando a CEMEX su participación de acuerdo con el convenio que tiene con BANOBRAS.

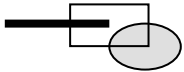
2. Que BANOBRAS tenga autorizado el crédito por su Comité de Crédito.

3. Que se cuente con los estudios de Pre-Inversión (en ocasiones BANOBRAS los financia a fondo perdido, siempre y cuando el crédito se realice en un año como máximo).

4. Participación por parte de CEMEX para la definición de especificaciones.

5. Compromiso de iniciar la obra en un plazo no mayor a un año.

También desde 1992 la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) inició, dentro de los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, un programa de apoyo a las ciudades medias de México en el área de transporte urbano, el cual cuenta con el apoyo de BANOBRAS y



Capítulo 5.

el Banco Mundial y que sigue funcionando actualmente. El objetivo del programa es mejorar las condiciones de la infraestructura y los servicios de transporte urbano a través de proyectos específicos de mejoramiento vial, recuperación y optimización de la red vial existente y el fortalecimiento del aparato gubernamental de regulación y control de la operación del tránsito y del transporte urbano, mediante la descentralización de funciones, la autosuficiencia administrativa, técnica y financiera de los municipios, el incremento de la competitividad y, una mayor participación de los sectores privado y social. La participación de la SEDESOL dentro del programa se centra en la prestación de apoyo técnico y financiero a los municipios incluidos en el Programa de las Cien Ciudades.

Para facilitar la realización del programa la SEDESOL, a través de su Dirección General de Infraestructura y Equipamiento, conformó un equipo de trabajo especializado en el análisis de los problemas de transporte urbano, compuesto de profesionales expertos en las distintas disciplinas involucradas, con participación mexicana e internacional.

En la realización de las acciones derivadas de los trabajos de administración de pavimentos, quienes sean responsables de las actividades, deben de guiarse por las normas y procedimientos de construcción, de ejecución y respetar las especificaciones técnicas correspondientes, así como adoptar los sistemas de programación, recolección y procesamiento de información, que permitan dar un seguimiento de las acciones y la utilización seria de los recursos humanos, materiales y financieros.

Las actividades requieren de una constante interrelación entre el ejecutor y el supervisor, programando las acciones supervisando su cumplimiento, su coordinación, la sistematización de eventos colaterales como el desvío de tránsito durante su implementación, la utilización de bancos de materiales para la construcción, los lugares de depósito autorizados para los materiales de deshecho y en general los impactos ambientales que genere la obra.

Conclusión capitular.

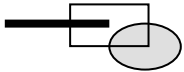
La implementación y aplicación exitosa del sistema, reside esencialmente en la creación de un ente que contenga los recursos humanos, de equipo y financieros que se rijan por la normatividad vigente, para la correcta ejecución de programas, a los que se les de seguimiento periódico obteniendo así, una evaluación constante de los resultados.

La aplicación oportuna de las acciones derivadas del sistema con sus correspondientes ajustes generará, bajo condiciones normales, resultados satisfactorios.

Para el caso de los recursos humanos es importante que exista, como se mencionó, el número de técnicos con un perfil que permita atender eficientemente los requerimientos del sistema, así como su constante capacitación. También trascendental es la autenticidad de la información que se obtiene en el sitio, por lo que es necesario que los técnicos sean capacitados y entrenados adecuadamente; ya que, por ejemplo, una información de mecánica de suelos mal generada o interpretada puede provocar ya sea un subdiseño o sobrediseño; para el primer caso la infraestructura tendrá una menor vida útil y, para el segundo, costos innecesarios.

También el procesamiento de la información y la generación de la estadística correspondiente que hoy en día requiere de software y hardware, necesita de una validez de los datos que alimentarán al sistema, como también la adecuada interpretación de los resultados, por lo que deben de ser objeto de un continuo y experimentado estudio que permita un análisis por período de la eficacia de cumplimiento de los programas.

Es indispensable que en la ciudad de Mazatlán comiencen a emplear realmente el Sistema de Administración de Pavimentos, el cual generará beneficios sociales y económicos cuando se lleven a la práctica los procesos administrativos, los estudios que éste requiere y las acciones que de él se deriven, apoyadas en presupuestos a ejercer y dando continuidad al monitoreo indicado anteriormente.

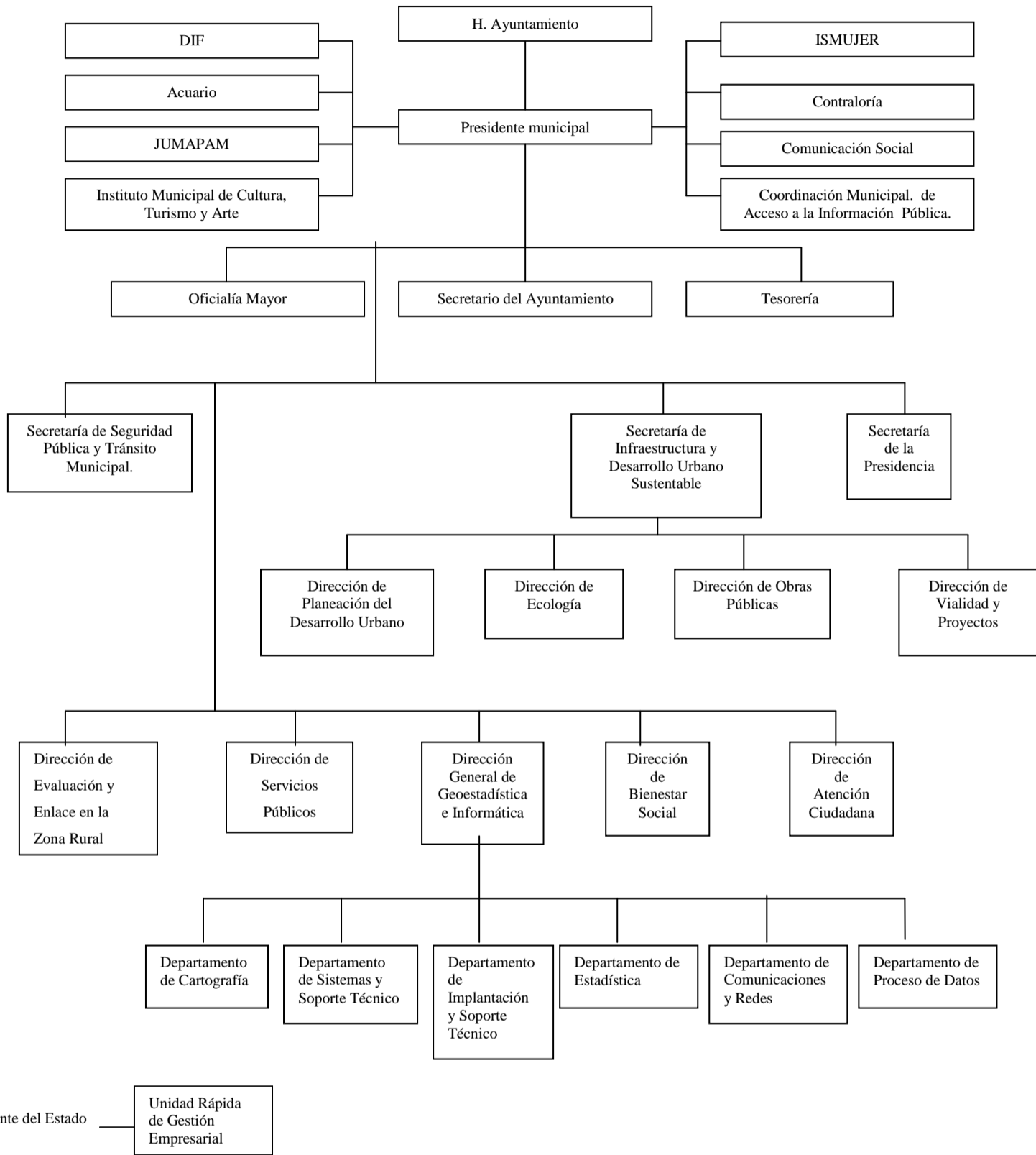


Capítulo 5.

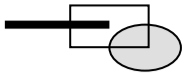
Instrumentado ofrecerá los medios necesarios para administrar eficientemente los recursos disponibles y planear, ejecutar y controlar los programas que optimicen las inversiones en la infraestructura vial; proporcionando un nivel de servicio satisfactorio a los usuarios, disminuyendo los tiempos de recorrido, los costos de operación y el índice de accidentes.

Tomando en consideración lo anterior, es necesario que todo organismo que opera y mantiene el sistema, deba ejercer sus funciones con eficiencia y calidad, con la finalidad de que los recursos estén bien programados. Es preciso, entonces, que todo ente encargado de estas actividades adopte un Sistema de Administración de Pavimentos bien elaborado, diseñado y manejado por profesionistas altamente capacitados para llevar a cabo las actividades.

Por último, las diferentes propuestas hechas en el presente capítulo traen como consecuencia la formación de un nuevo organigrama organizacional para el Ayuntamiento de Mazatlán, el cual se presenta a continuación, y que puede ser comparado con el organigrama actual del Ayuntamiento presentado en la figura 1.7 de esta investigación.

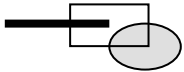


5.5 Organigrama propuesto para el Ayuntamiento de Mazatlán.



CAPÍTULO 6

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL



6. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL Y ASISTENCIA TÉCNICA.

6.1 ANTECEDENTES.

En 1992 SEDESOL inició el Programa de Apoyo a las Ciudades Medias de México en el área de transporte urbano, el cual contaba con el apoyo de Banobras y el Banco Mundial. Este programa fue diseñado de acuerdo con los propósitos del Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994. El objetivo del Programa era mejorar las condiciones de la infraestructura y los servicios de transporte urbano mediante la descentralización de funciones, la autosuficiencia administrativa, técnica y financiera de los municipios, el incremento de la competitividad y una mayor participación de los sectores privado y social.

Para la realización del Programa se hizo necesario conformar, en la Dirección General de Infraestructura y Equipamiento de la SEDESOL, un equipo de trabajo especializado en el análisis de los problemas de transporte urbano. Mediante la contratación de asesoría externa llevaron a

cabo las tareas básicas para el inicio del Programa. Durante el primer año de labores del Programa, los asesores externos entrenaron al equipo de trabajo de SEDESOL, elaboraron manuales básicos de evaluación de proyectos y sistemas de transporte.

El papel de SEDESOL está orientado a la prestación de apoyo técnico y financiero a los municipios incluidos en el Programa de las Cien Ciudades¹. Las actividades de la SEDESOL como agente técnico y normativo de los programas para infraestructura y servicios urbanos básicos son:

- Desarrollar la normatividad técnica
- Evaluar estudios y proyectos
- Asesorar técnicamente a los municipios
- Capacitar a estados y municipios
- Proveer fortalecimiento institucional

Asesoramiento especializado en:

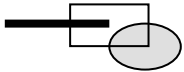
Asistencia Técnica

- ❖ Proveer asesoramiento sectorial especializado en:
- ❖ Normatividad
- ❖ Transferencia de tecnología
- ❖ Seguimiento y evaluación de estudios y proyectos
- ❖ Fortalecimiento institucional
- ❖ Coadyuvar en la instrumentación de estudios y proyecto en cada especialidad
- ❖ Apoyar en la elaboración de informes
- ❖ Medir el desempeño de los programas

Capacitación

- ❖ Proveer un Programa de Capacitación General orientado a mejorar los niveles profesionales a nivel Central y Estatal
- ❖ Desarrollar programas específicos a profesionales y técnicos de las municipalidades
- ❖ Entrenar en base a programas puntuales técnicos operativos; así como técnicos encargados de la planeación, diseño y administración

¹ SEDESOL es responsable a nivel federal por la formulación de políticas urbanas, incluyendo el transporte y la protección del ambiente.



Las acciones del programa que se lleven a cabo en el municipio, deben ser definidas mediante la realización de un Plan Integral de Vialidad y Transporte. Los planes integrales aprobados por SEDESOL reciben el apoyo financiero de Banobras y el Banco Mundial y son elaborados por firmas mexicanas de consultoría.

Objetivo Capitular.

Describir el proceso requerido, los fundamentos, metodología y principios elementales para la implementación de un Programa de Desarrollo Institucional y Asistencia Técnica para mejorar la habilidad de la organización municipal en el uso efectivo de sus propios recursos, con lo cual se puede coadyuvar a la implementación del sistema de administración propuesto en esta investigación.

6.2 DEFINICIÓN.

Un Programa de Desarrollo Institucional es un conjunto de acciones de mejoramiento de las capacidades humanas, técnicas, materiales y financieras de los entes con competencia en la planeación, administración, regulación, operación y mantenimiento del sistema de transporte urbano dirigida al uso eficiente de los recursos disponibles.

El Programa de Desarrollo Institucional describe el proceso requerido para mejorar la habilidad de la organización municipal en el uso efectivo de sus propios recursos y se convierte en el instrumento de apoyo al éxito de un Plan Integral de Vialidad y Transporte. Sus planteamientos deben ser coherentes con las acciones propuestas en los siguientes componentes: planeación, ingeniería de tránsito, construcción y mantenimiento de vialidades, transporte público, administración de tránsito y protección ambiental.

Las problemáticas institucionales relacionados con el transporte urbano en la ciudad de Mazatlán se reflejan en limitaciones en la planeación, administración y financiamiento, como se observa en la figura 6.1.

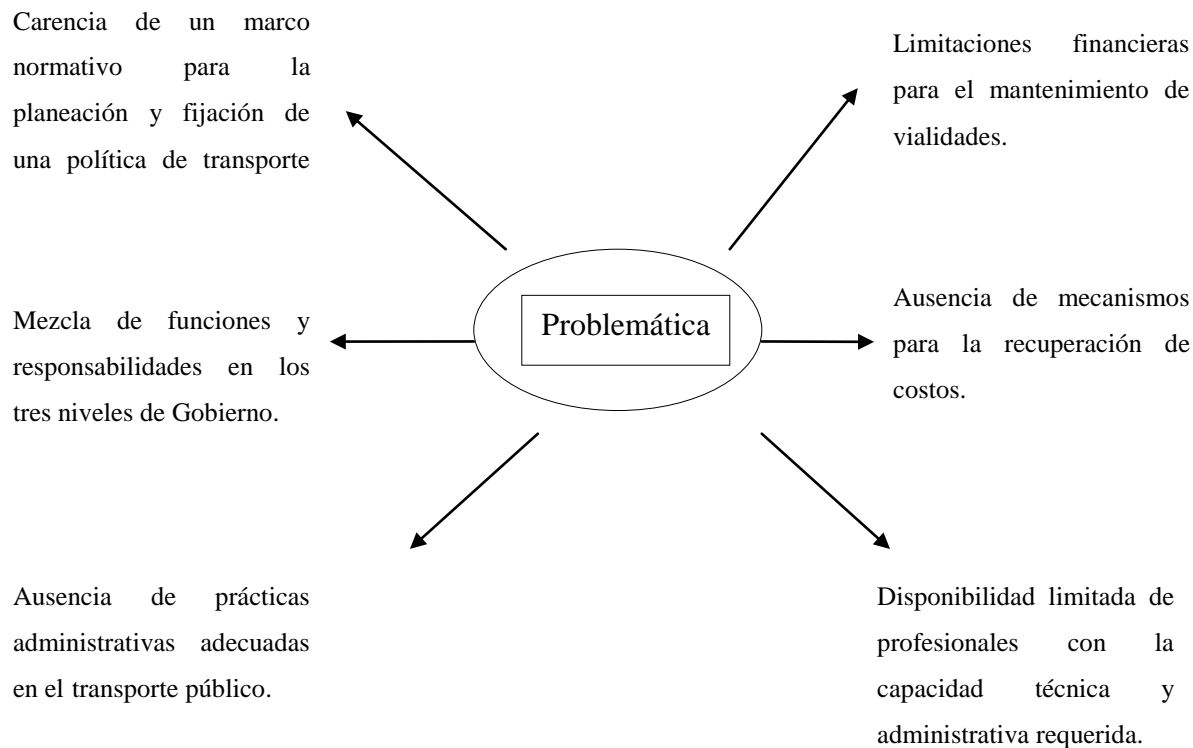


Figura 6.1 Esquema de las problemáticas institucionales relacionados con el transporte urbano en la ciudad.

6.3 OBJETIVOS DE UN PROGRAMA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL Y ASISTENCIA TÉCNICA.

El objetivo general del Programa es mejorar las capacidades técnicas, humanas, materiales y financieras de los entes con competencia en la planeación, administración, regulación, operación y mantenimiento del sistema de transporte urbano de la ciudad de Mazatlán, como se muestra en la figura 6.2.

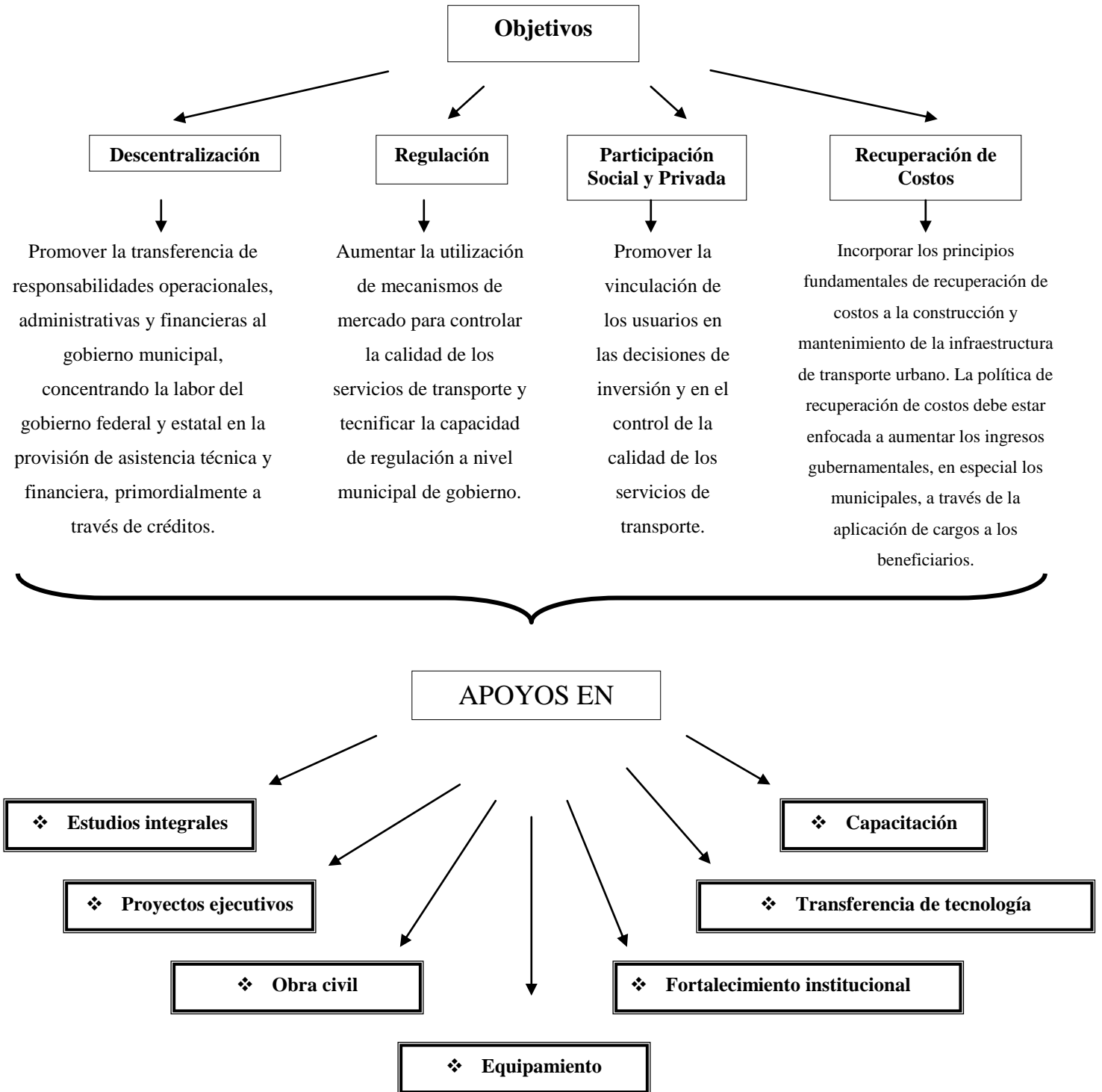


Figura 6.2 Esquema de los objetivos del Programa de Desarrollo Institucionales.

6.4 ALCANCES Y ORIENTACIÓN DE LA ASISTENCIA TÉCNICA.

El Programa de Desarrollo Institucional se deberá llevar a cabo con aplicación primordial a la estructura de transporte urbano a nivel municipal, para llevarla a un grado de suficiencia administrativa y financiera tal, que le permita ejercer sus responsabilidades en el período de implantación del programa. Se busca concentrar el programa en cinco aspectos esenciales como se presenta en la figura 6.3.

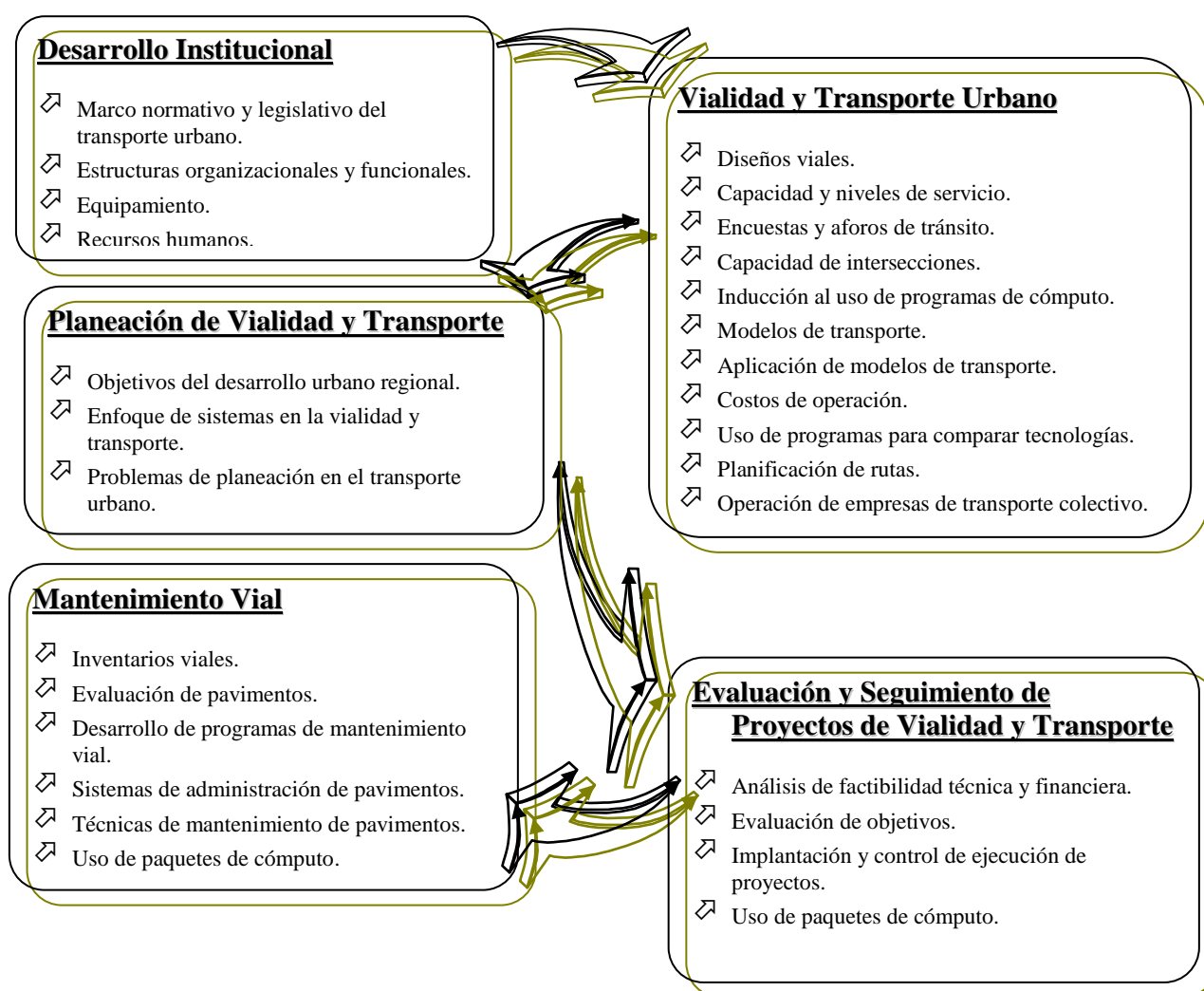
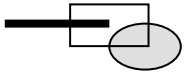


Figura 6.3 Esquema de la orientación de la asistencia técnica.



6.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA EL PROGRAMA.

Los criterios para la selección de un Programa como el que se está proponiendo en esta investigación son los siguientes:

- ❖ Compromiso político por parte de las más altas autoridades y funcionarios competentes para poder llevar a cabo el cambio
- ❖ Contar con la presencia de un líder de alto nivel que asuma los riesgos que implica el cambio y posea visión de futuro para dirigirlo
- ❖ Alto grado de apoyo de las dependencias, autoridades y funcionarios involucrados
- ❖ Poseer una base tecnológica apta para poder absorber los cambios
- ❖ Poseer información para el desarrollo del proyecto

6.6 GUÍA METODOLÓGICA.

La formulación de los programas de Desarrollo Institucional y Asistencia Técnica dentro de un Plan Integral de Vialidad y Transporte comprende una serie de actividades agrupadas en cinco módulos principales:

Módulo 1. Posicionamiento

Para formular un programa coherente con la política nacional y con las realidades estatales y municipales actuales, se deben fijar los objetivos fundamentales que pueden ser alcanzados con la implantación de un Programa de Desarrollo Institucional. Para ello se tiene que identificar los siguientes aspectos:

- ❖ Identificación de base legal aplicable
- ❖ Identificación de estructuras organizacionales
- ❖ Identificación de recursos humanos y materiales
- ❖ Identificación de características financieras

Módulo 2. Análisis de Diagnóstico

Para ello se tiene que diagnosticar los siguientes aspectos:

- ❖ Diagnóstico del marco regulatorio del sistema

- ❖ Diagnóstico organizacional del sistema
- ❖ Diagnóstico de los recursos humanos y materiales
- ❖ Diagnóstico de los recursos financieros

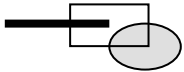
Posteriormente se hará una síntesis del diagnóstico, la cual comprende las debilidades y fortalezas del sistema de transporte urbano de la ciudad, incluyendo la identificación de los problemas críticos de la planeación de transporte, la construcción y el mantenimiento de vialidades, la administración del tránsito y la protección ambiental.

Módulo 3. Propuestas

El Programa de Desarrollo Institucional debe especificar las acciones requeridas para llevar a cabo las modificaciones legales, normativas y regulatorias necesarias, con el objeto de facilitar la descentralización administrativa del transporte urbano y permitir que el municipio asuma las responsabilidades establecidas por la Constitución Federal y la política nacional². La estructura organizacional debe responder a las características propias de cada municipio, de los proyectos y propuestas y, a las funciones y responsabilidades que estratégicamente se proyecten iniciar y/o fortalecer a través del Programa de Desarrollo Institucional.

La propuesta de Desarrollo Institucional debe incluir un plan de mejoramiento cuantitativo y cualitativo de las capacidades técnicas y administrativas de los recursos humanos, y un plan para la dotación de equipos y tecnología a las dependencias involucradas. Una vez definidas las propuestas de desarrollo institucional referidas en los párrafos anteriores, deberán calcularse los costos para cada una de las acciones recomendadas y que formarán parte del paquete de inversiones para el mejoramiento del sistema de transporte urbano de la ciudad. Los costos deben indicarse en términos totales por rubro o acción.

² El artículo 115 de la Constitución Federal le otorga al municipio la responsabilidad y autonomía en el manejo de los servicios de carácter local. El transporte urbano está comprendido entre las actividades asignadas al municipio. Los estados pueden transferir las funciones que realizan en la actualidad en la medida en que los municipios adquieran las capacidades requeridas.



Módulo 4. Estrategias

La estrategia para la compatibilización de políticas debe comprender la definición de una estrategia de acciones para la compatibilización de las políticas de transporte urbano, tanto verticalmente, entre las políticas y objetivos federales, estatales y municipales, como horizontalmente, a nivel de las distintas dependencias municipales con ingerencia en el transporte urbano; así como la definición de una estrategia de acciones para la compatibilización y coordinación de las funciones propias del transporte urbano a los distintos niveles de gobierno, tanto vertical como horizontalmente.

La formulación de la estrategia financiera demanda un proceso cuantitativo e iterativo con el objeto de equilibrar los costos de las necesidades con la capacidad de financiamiento. Para la definición de la estrategia financiera deberán considerarse los siguientes aspectos:

- ❖ Determinación de necesidades
- ❖ Determinación de ingresos
- ❖ Capacidad de financiamiento

El objetivo de la propuesta en este sentido es asegurar que, en el futuro, el municipio pueda alcanzar la estabilidad y autonomía financiera que permita ampliar y mejorar el sistema de transporte.

Módulo 5. Implementación

La elaboración del Plan de Acción parte de la aprobación de SEDESOL y las autoridades municipales a la estrategia institucional y financiera, para lo cual se deberán considerar todos los componentes del Programa de desarrollo institucional. La definición del Plan de Acción comprende cuatro tareas:

i. Acciones inmediatas: Acciones que deben ser ejecutadas en el primer año. Las acciones prioritarias del programa deben incluir, al menos, las reformas al marco regulatorio y el programa

de capacitación. El objetivo, las metas, los procedimientos y costos de cada una de las acciones se deben detallar de manera específica.

ii. Acciones de mediano y largo plazos: Son acciones que están comprendidas en los tres primeros años del programa. Su definición es de carácter general con el fin de permitir los necesarios ajustes. La implantación de la estrategia de financiamiento es el componente principal de estas acciones.

iii. Cronogramas y metas: Una vez definidas las acciones de corto y mediano plazos, se deben especificar los cronogramas para su implantación, incluyendo las metas de cada período. Las acciones del plan de acción de corto plazo deben ser detalladas por cada mes del programa, indicando la ruta crítica. Las acciones de mediano plazo se deben definir en períodos trimestrales, con revisiones anuales para efectuar ajustes.

iv. Coherencia: Para elaborar el Plan de Acción definitivo en Desarrollo Institucional, se deben verificar las propuestas y cronogramas con las tareas de corto y mediano plazos en los demás componentes del Programa. El Programa de Desarrollo Institucional debe presentarse a las autoridades para su aprobación definitiva. En cada uno de los componentes se deben sintetizar las acciones institucionales que sirven de apoyo a la implantación de las respectivas propuestas, indicando sus aspectos críticos.

6.7 REESTRUCTURACIÓN DE PROCESOS.

Con base en modelos desarrollados previamente por expertos, el objetivo es optimizar el funcionamiento de las estructuras de gestión del transporte y mejorar los procesos claves en la ciudad de Mazatlán, a través de:

- ❖ Técnicas basadas en el desarrollo de organizaciones de alto desempeño
- ❖ Reingeniería de procesos
- ❖ Sistemas de calidad.

La figura 6.4 muestra los pasos a seguir para la reestructuración de procesos críticos para el desarrollo del Programa.

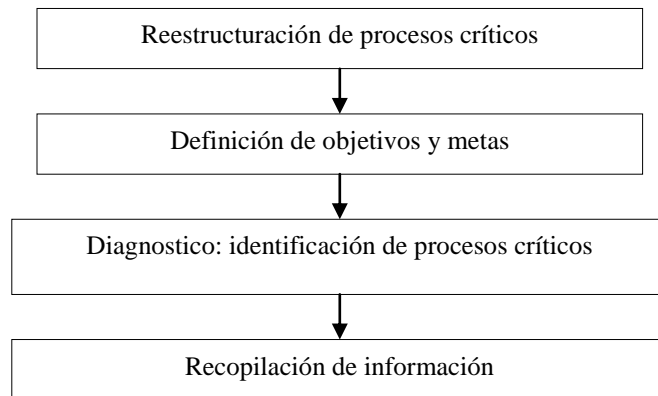
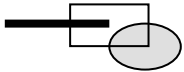


Figura 6.4 Esquema de la reestructuración de procesos.

La recopilación de información se llevará a cabo mediante el desarrollo de cuatro puntos primordiales, tal como se aprecia en la figura 6.5

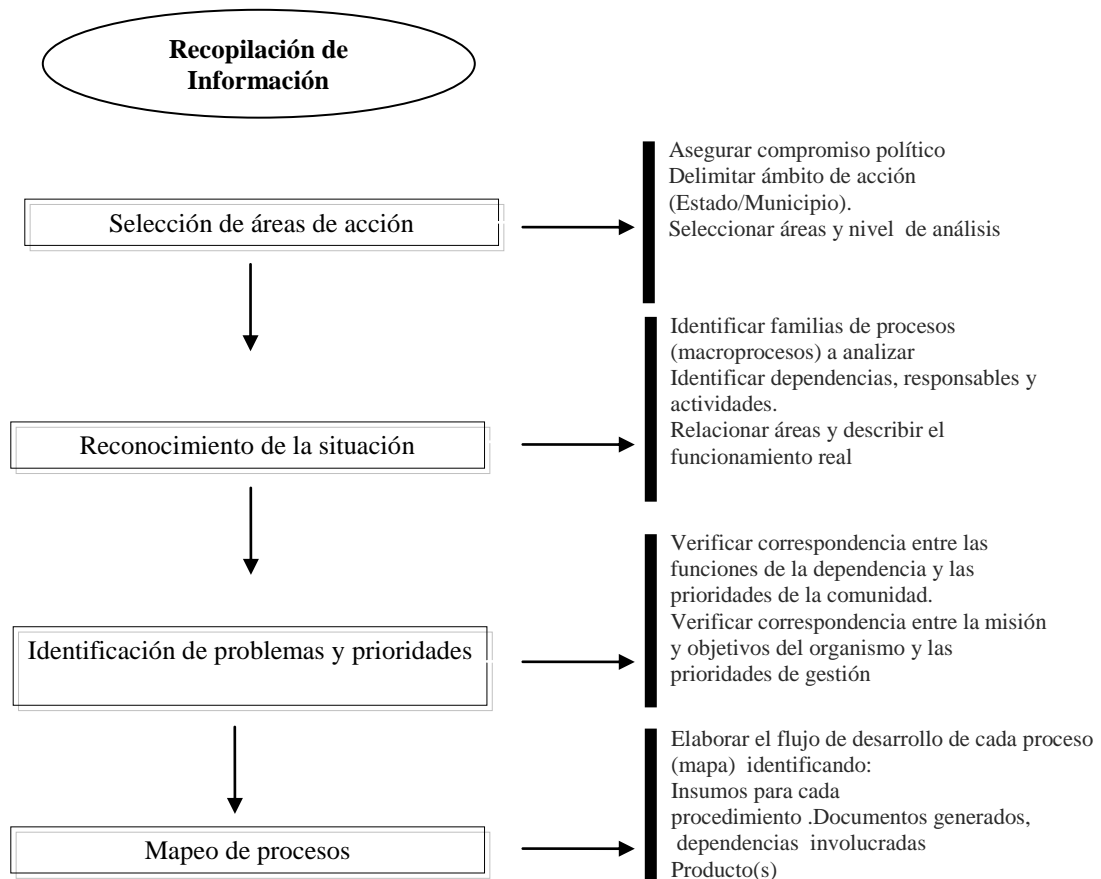


Figura 6.5 Esquema de la recopilación de información.

La figura 6.6 muestra el procedimiento del diagnóstico que se debe efectuar en la identificación de procesos críticos dentro del programa de reestructuración:

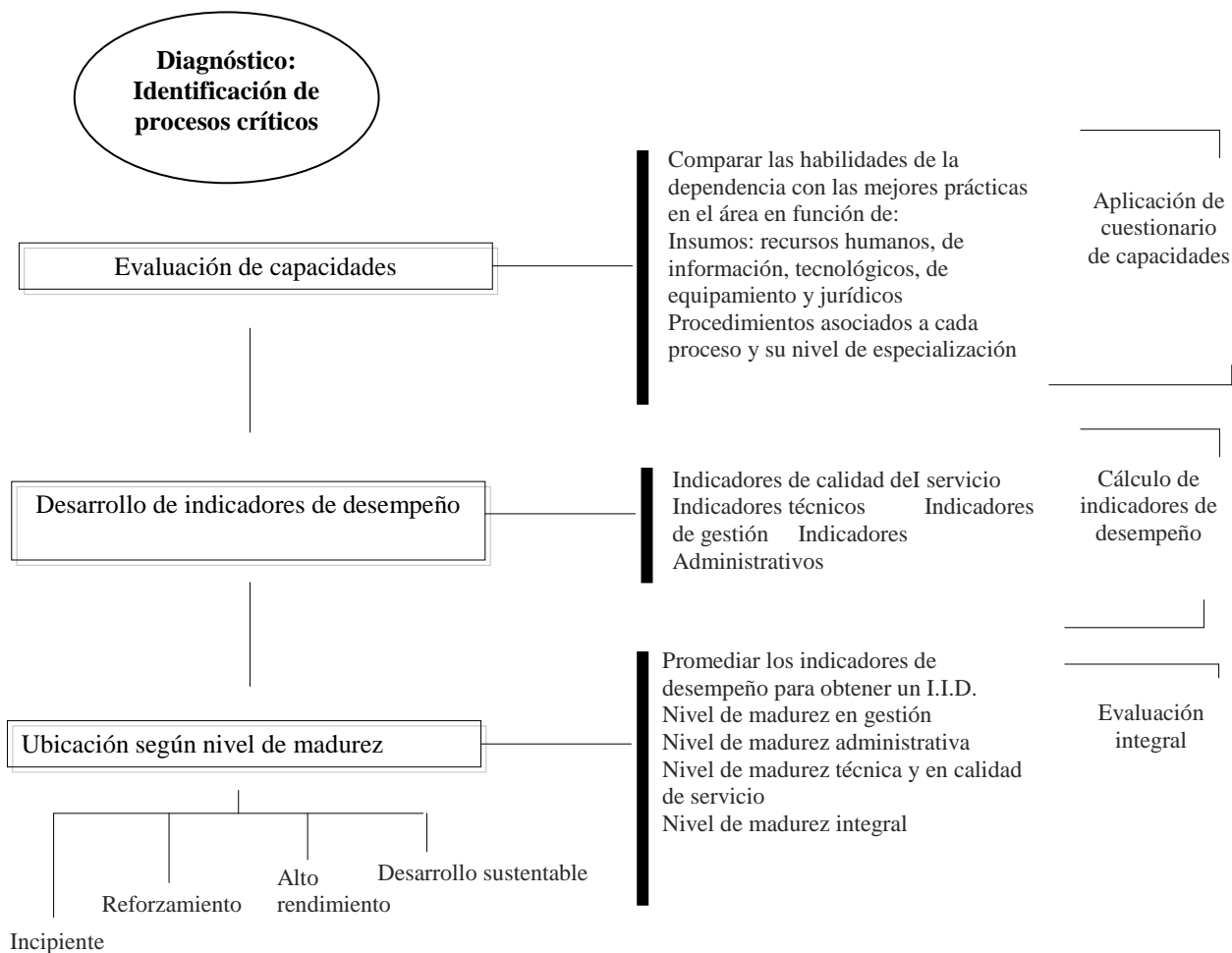
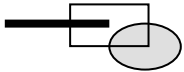


Figura 6.6 Esquema del diagnóstico de los procesos críticos.

La figura 6.6 muestra que primeramente se tienen que evaluar las capacidades de cada una de las dependencias involucradas en el programa, las cuales deberán ser comparadas con las mejores prácticas realizadas en el área, lo cual se llevará a cabo mediante cuestionarios de capacidades en diversas áreas.

Se deberán aplicar cuestionarios en tres áreas principales:

- ❖ Insumos



- ❖ Procedimiento
- ❖ Producto

Posteriormente se desarrollarán los indicadores de desempeño, los cuales serán de carácter técnico, gestión, calidad de servicio y sobre todo los administrativos. Por último se ubicará a dichos indicadores según cierto nivel de madurez que resultarán del promedio de los indicadores de desempeño, logrando con esto una evaluación integral.

Los niveles de madurez nos indican un porcentaje de eficiencia de gestión, y para cada rango de porcentajes están descritas las características de cada uno según el nivel de madurez, como muestra la figura 6.7.

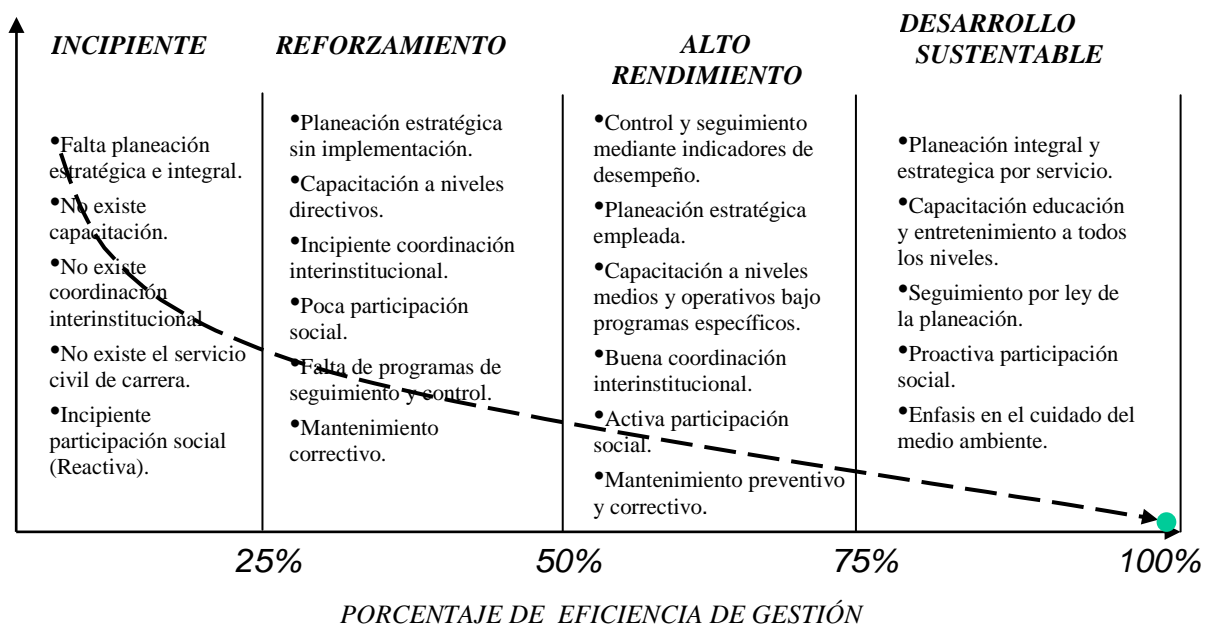


Figura 6.7 Niveles de madurez según el porcentaje de eficiencia de gestión.

En lo referente a nuestra área funcional, que es el mantenimiento vial, nuestros objetivos serán como se mencionó anteriormente:

- ❖ Conocer el nivel actual desempeño
- ❖ Evaluar: identificar procesos críticos

❖ Identificar áreas de mejora

Para ello será necesario contar con una metodología de autoevaluación como se muestra en la figura 6.8, mediante las cuales será posible llevar a cabo las acciones de reestructuración deseadas para nuestro programa.

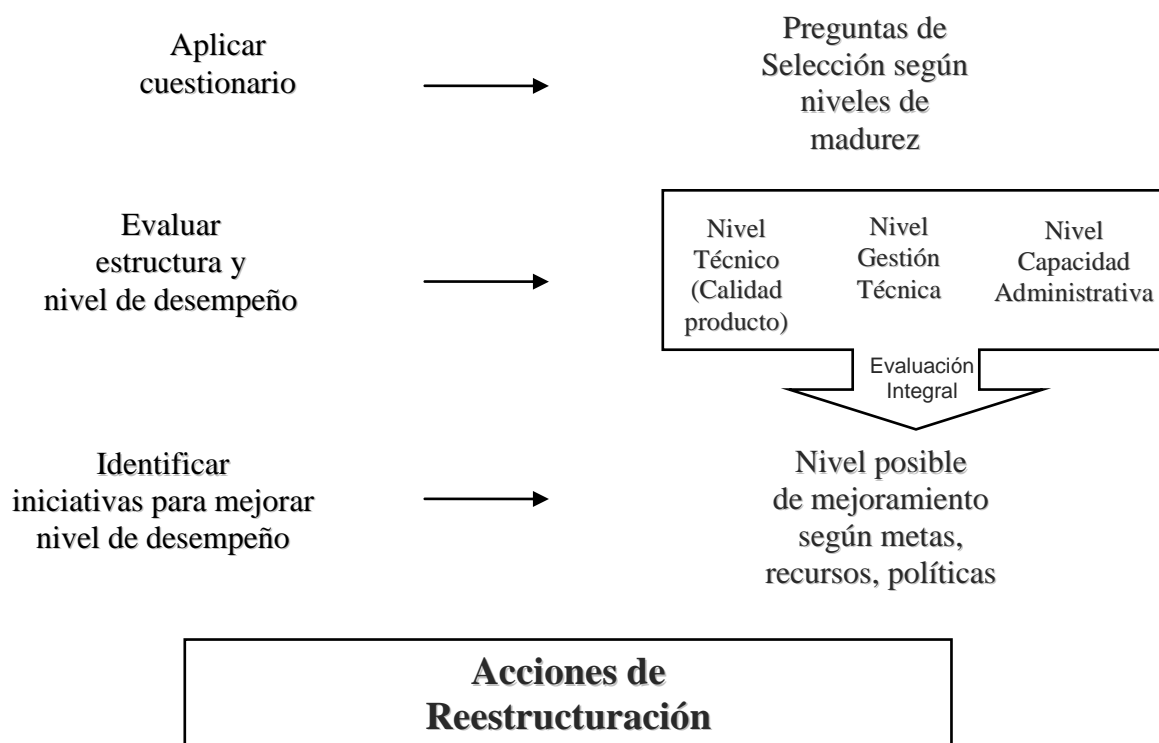


Figura 6.8 Metodología a seguir para llevar a cabo las acciones de reestructuración.

En la metodología mostrada en la figura 6.8 se muestra como primer paso la aplicación de un cuestionario, el cual estará compuesto de preguntas de selección según el nivel de madurez en gestión, administrativa, técnica, en el nivel de servicio e integral. Posteriormente se evaluará su estructura y nivel de desempeño tal como se muestra en la figura 6.9.

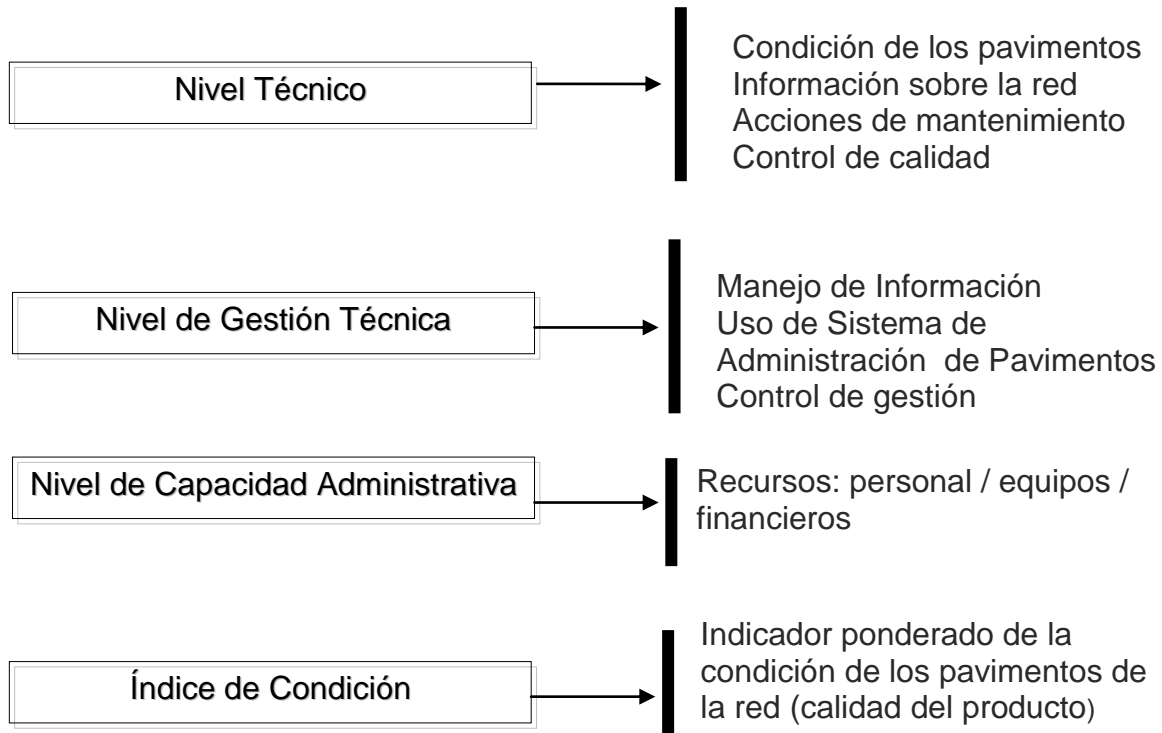
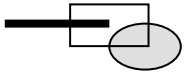


Figura 6.9 Esquema de la evaluación de la estructura y del nivel de desempeño.

La figura 6.9 describe cada nivel a evaluar, así como los puntos que se evaluarán en dichos niveles referentes al área de mantenimiento vial.

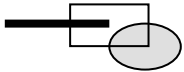
El siguiente paso dentro del proceso será la identificación de iniciativas para mejorar el nivel de desempeño en función de los recursos y de la política actual del municipio. Se deberán recomendar acciones específicas, insumos y/o procedimientos para mejorar todos los tipos de gestiones y emprender estrategias y acciones asociadas a nuevos procesos integrales.

6.8 ESTRATEGIA DE FINANCIAMIENTO

La asignación de recursos para el financiamiento de los sistemas de transporte urbano en las ciudades, se ha realizado en los últimos años sin mecanismos de evaluación de proyectos o una metodología de planeación. La federación realiza transferencias sustanciales a los estados y municipios sin que exista una verificación sobre la calidad de las inversiones. El financiamiento de los proyectos identificados a nivel local por las autoridades municipales o estatales puede recibir recursos federales de diferentes fuentes: aportes incluidos en el acuerdo anual de inversión, otras transferencias establecidas en el presupuesto de la federación y créditos de Banobras.

La mayoría de los municipios no cuentan con los ingresos adecuados para financiar sus inversiones de transporte. En consecuencia, la federación y los estados deben efectuar cuantiosas transferencias para financiar la operación del transporte urbano, así como la construcción y el mantenimiento vial a nivel local. De otra parte, los aportes de los beneficiarios directos únicamente cubren una pequeña proporción de los costos de construcción y de mantenimiento vial.

La actual política económica del gobierno federal obliga a examinar nuevas fuentes de financiamiento para las actividades de carácter local. Una alternativa disponible es la recuperación de costos mediante el cobro de los beneficios directos generados por el sistema de transporte urbano, la cual genera un uso eficiente de los recursos. Además, es posible trasladar algunos de los ingresos generados por las actividades de transporte que son recaudados por la federación y el estado al municipio, aumentando la eficiencia en los cobros. En la actualidad, la proporción del financiamiento local de los municipios de categoría "Avanzado" varía entre el 15 % y el 25 % de las inversiones. En los municipios en nivel de "Progreso" esta participación varía entre el 8 % y el 18 %, mientras que en los municipios en nivel de "Dependientes" el financiamiento local no supera el 10 % del monto de las inversiones en transporte.



6.8.1 Esquema actual de recaudación.

El gobierno federal continua siendo el mayor recaudador de ingresos generados por las actividades de transporte urbano. La mayor parte de estos ingresos provienen de impuestos a la gasolina. La federación también percibe ingresos provenientes del impuesto sobre tenencia o uso de vehículos y del impuesto sobre automóviles nuevos.

Los estados pueden percibir ingresos por el uso y tenencia de vehículos, por impuestos al transporte público, por derechos de tránsito y estacionamiento y, por multas. No obstante, los Estados que forman parte del Sistema Nacional de Coordinación Fiscal no mantienen en vigor algunos de estos derechos e impuestos. Estos Estados participan de la distribución de impuestos federales.

Los municipios recaudan diferentes derechos relacionados con el transporte, entre los cuales se encuentran:

- ❖ Derechos por servicio de calles; como apertura, rectificación, ampliación, prolongación, alineamiento, pavimentación, bacheo, nivelación, empedrado y compactación de calles municipales.
- ❖ Derechos por servicios de tránsito; como colocación y mantenimiento de semáforos y de señales, colocación de marcas, intervención en accidentes, servicio de paso en cruceros, inspección de vehículos y licencias de conducir, etc.
- ❖ Derechos generados por registro y control vehicular.

6.8.2 Egresos

Los egresos federales correspondientes al sector transporte, incluyendo carreteras y otros modos, superan los ingresos generados por el sector. Los egresos en transporte urbano están representados en su mayoría por transferencias a los estados y municipios. Una menor proporción está representada por inversiones directas en algunos municipios, especialmente en construcción de vialidades. Las transferencias a los estados y municipios para financiar el transporte urbano son financiadas con los ingresos generales de la República.

La inversión privada realizada en el sector transporte carretero ha mantenido la inversión global en el sector. No obstante, aún no se ha desarrollado la construcción de vialidades urbanas por sistemas de concesión.

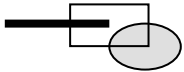
El principal componente de los gastos recurrentes es el mantenimiento de vialidades. Este monto ha disminuido en el conjunto de municipios como proporción de la red vial. La proporción de gastos recurrentes destinado a gastos de funcionamiento ha ido en aumento por el crecimiento de las organizaciones municipales encargadas del transporte. Algunos de estos gastos incluyen inversiones menores como equipos de planeación.

6.8.3 Estrategia financiera para recuperación de costos económicos.

La estrategia financiera busca que se continúen realizando transferencias de la federación y los estados a los municipios para financiar las inversiones y el mantenimiento de los sistemas de transporte urbano. Sin embargo, los nuevos cargos a los usuarios deben ser administrados por las autoridades municipales y el sector privado debe participar en el financiamiento de los proyectos.

Las medidas prioritarias de la estrategia financiera son de carácter municipal. La implantación de medidas fiscales a nivel estatal y federal se puede efectuar bajo un programa global de modernización tributaria. La mayor parte del incremento en ingresos locales puede realizarse mediante la implantación de programas de modernización y eficiencia administrativa del fisco municipal.

En particular, la modernización del catastro puede generar aumentos superiores al 100 % en algunos municipios. La actualización de los valores catastrales y la incorporación de predios al registro son las principales tareas de la modernización del catastro. Otro elemento que puede mejorar sustancialmente los ingresos municipales es el mejoramiento de los sistemas de información tributaria y de recaudación, una buena cantidad de municipios participantes en el programa solo recaudan menos del 50 % de lo que potencialmente pueden recaudar, y esto es básicamente debido a la falta de actualización de la información y a la utilización de sistemas



arcaicos de cobranzas. Por consiguiente, la recuperación de costos e inversiones se basa en el establecimiento de un marco normativo adecuado y en la eficiencia administrativa municipal.

Los objetivos de la estrategia financiera son:

- ❖ Aumentar la recaudación municipal
- ❖ Modernizar los sistemas de cargos a los usuarios
- ❖ Disminuir las transferencias directas de la federación y el estado
- ❖ Facilitar la privatización de inversiones y servicios

El aumento del financiamiento local dependerá de la categoría de municipio. La proporción de dicho financiamiento en los municipios "Avanzados" deberá pasar a ser un 50 % en el mediano plazo y un 75 % en largo plazo. En los municipios "Progreso" esta proporción deberá ser del 25 % en el mediano plazo y de 40 % en el largo plazo. La participación local en los municipios "Dependientes" no superará el 20 % en el largo plazo. Las metas específicas para cada municipio deben ser establecidas en el contexto del Plan Integral de Vialidad y Transporte.

Conclusión capitular

La asistencia técnica y la capacitación ya no son suficientes en el entorno actual, que se caracteriza por:

- ❖ Cambios profundos a nivel político, económico y social
- ❖ Globalización y competitividad
- ❖ Crecimiento acelerado de la población urbana
- ❖ Incremento de las necesidades de servicios públicos
- ❖ Limitada capacidad de entes locales
- ❖ Desequilibrios regionales
- ❖ Mayor sofisticación y exigencia de los usuarios de servicios públicos

El nuevo entorno exige esquemas que hagan evolucionar más rápidamente a los organismos encargados del mantenimiento vial y transporte urbano, para ello se propone:

- ❖ Desarrollo e implementación de modelos de gestión basados en las mejores prácticas nacionales e internacionales adaptados a la cultura de nuestro país

Se debe implementar el Programa de Desarrollo Institucional y Asistencia Técnica, para alcanzar una mayor eficiencia y eficacia en la operación, administración y autosuficiencia de los organismos que manejan el transporte urbano en la ciudad de Mazatlán, a través de la aplicación de modelos de mejores prácticas nacionales e internacionales, tendientes a la creación de organizaciones de alto desempeño.

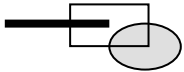
Se debe elevar la profesionalización de:

- ❖ Técnicos en planeación
 - ◆ Ingeniería del transporte
 - ◆ Mantenimiento vial

Se deben intensificar acciones de:

- ❖ Planeación de transporte urbano
 - ◆ Estudios integrales
 - ◆ Proyectos ejecutivos
 - ◆ Seguimiento de obras
- ❖ Implementar nuevas herramientas de fortalecimiento institucional
- ❖ Aplicación de ISO 9000 con reconocimiento internacional en los distintos componentes del transporte urbano
- ❖ Actualización en el manejo de sistemas computacionales para transporte urbano
- ❖ Ingeniería vial
- ❖ Mantenimiento vial

La viabilidad de las propuestas depende, en gran medida, de la participación activa de los funcionarios responsables de ejecutar las transformaciones propuestas. El compromiso de las autoridades locales se refleja en el liderazgo que ejerzan los funcionarios responsables de la implantación del Programa de Desarrollo Institucional. Recordemos que el programa Federal de

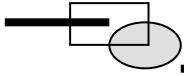


apoyo a las ciudades medias en Transporte Urbano busca evitar la centralización en la definición de un Plan Integral y asegurar su acogida por parte de los receptores del programa.

La vigencia y eficacia del programa depende de la capacidad de respuesta que éste tenga, ante las fuerzas que influyen el desempeño de las instituciones. Estas fuerzas son generadas por los beneficiarios de los servicios, las organizaciones políticas y de gobierno y, por la propia estructura organizacional y sus individuos.

El transporte urbano es un sistema conformado por un conjunto de elementos interdependientes (Vialidad, Tránsito y Transporte Público) y, por consiguiente, deben ser considerados en forma integral e integrada. El éxito del Programa depende, en gran medida, de que las acciones propuestas concuerden con este enfoque **sistémico**.

RECOMENDACIONES



RECOMENDACIONES

Los Sistemas de Administración de Pavimentos son un conjunto de herramientas, cuyo objetivo principal es la racionalización de la inversión en la conservación de pavimentos que permite a la administración conseguir la mayor eficiencia en la asignación de recursos para mantener la red vial para beneficio de la sociedad mazatleca.

Básicamente se espera que con la implementación de un Sistema de Administración de Pavimentos, podamos predecir el comportamiento estructural de los pavimentos, de tal manera que se puedan proponer las estrategias de conservación que garanticen en todo momento el buen estado de la red de vial de la ciudad de Mazatlán, con la certeza de haber invertido óptimamente los recursos disponibles.

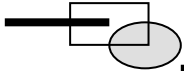
La propuesta de implementación de este sistema de administración de pavimentos deberá estar bajo revisión constantemente y actualizando vía la adquisición de experiencia e información cuantitativa del desempeño de los pavimentos. Se ha comprobado que la vida útil de los pavimentos se puede prolongar a menor costo cuando se implementa un sistema de conservación a intervalos estratégicamente planeados. Se debe establecer que los tratamientos de pavimentos no deben realizarse al azar, sino que se deben aplicar estratégicamente y de acuerdo a un programa que fomente la administración efectiva de la red vial.

Dicho de otra manera, esta propuesta para la administración de la red vial propone hacer uso efectivo de recursos económicos limitados, al identificar correctamente las fallas de los pavimentos a ser tratados, empleando tratamientos correctos en el tiempo correcto y por la selección del pavimento correcto. Claro esta que esta consigna implica mayores investigaciones y conocimientos del desempeño de los pavimentos.

La investigación futura debe incluir la selección de tratamientos apropiados destinados a las fallas correctamente identificadas. Simplemente debemos conocer a que punto es demasiado tarde o demasiado temprano para los tratamientos preventivos.

Dentro de los esquemas propuestos en esta investigación, la responsabilidad institucional debe centrarse en servir como facilitador del sistema, estableciendo los vínculos necesarios para asegurar una comunicación transparente entre las dependencias participativas del proceso (autoridades en todas sus instancias, consultores particulares e incluso la comunidad, en aquellos casos que se amerite por la complejidad del problema).

Asimismo, las autoridades deben mantener el control y seguimiento del proceso, orientando a los consultores acerca de los objetivos prioritarios a lograr con las medidas en estudio, suministrando la información básica necesaria y llevando a cabo un control del proyecto continuo y estrecho con los consultores a fin de tener la capacidad de responder rápida y eficazmente a cualquier problema que surja en el proceso.



En este sentido, es esencial determinar claramente las responsabilidades de cada institución ya que, como es sabido, el proceso de descentralización administrativa trae como consecuencia indeseables desfasamientos entre los aspectos ejecutivos, legales y administrativos del municipio, creando conflictos de responsabilidad muy negativos.

Para que este proyecto ejecutivo de transporte y tránsito pueda llegar a buen término es fundamental establecer una estructura responsable bien clara, donde cada parte de ella tenga responsabilidades específicas, complementarias y no redundantes, ya que estos son procesos integrales donde deben intervenir, de manera coordinada, distintas instancias de poder.

Se recomienda la realización de un Plan Integral de Vialidad y Transporte donde se contemple el sistema propuesto en esta investigación, sin embargo si es llevado a cabo por parte de alguna firma de consultoría local, se deben llevar a cabo mediante el apoyo de SEDESOL y su grupo de asesores. De igual manera, este proceso exige la participación de funcionarios municipales en el mismo. Para tal efecto, SEDESOL, a través de sus delegaciones, debe coordinar las actividades de apoyo y supervisión de los estudios.

La ejecución de los planes integrales sólo es posible con la apropiación de los recursos presupuestales correspondientes por parte del municipio. De igual manera, el municipio de Mazatlán deberá comprometerse a no realizar inversiones cuantiosas que afecten su estabilidad financiera y la del sistema.

La aprobación del Plan Integral de Vialidad y Transporte estará sujeta, en todo caso, a la demostración ante SEDESOL de la capacidad administrativa municipal para la ejecución del mismo. La conformación de una unidad especialmente dedicada a la administración del sistema puede ser una opción adecuada para garantizar el cumplimiento de los requisitos del programa.

En cuanto a una estrategia financiera, lo recomendable para la recuperación de costos económicos es buscar que se continúen realizando transferencias de la federación y los estados a los municipios para financiar las inversiones y el mantenimiento de los sistemas de

transporte urbano. Sin embargo, los nuevos cargos a los usuarios deberán ser administrados por las autoridades municipales, en este caso de Mazatlán; y el sector privado debe participar en el financiamiento de los proyectos.

Las medidas prioritarias de la estrategia financiera deben ser de pleno carácter municipal. La implantación de medidas fiscales a nivel estatal y municipal se puede efectuar bajo un programa global de modernización tributaria. La mayor parte del incremento en ingresos locales puede realizarse mediante la implantación de programas de modernización y eficiencia administrativa del fisco municipal.

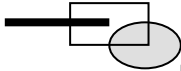
El análisis financiero que debe ser realizado para la implementación del sistema debe comprender los aspectos más amplios de la evaluación financiera y microeconómica del municipio. El acopio de la información presupuestal será sólo un elemento en la realización de este análisis. La formulación de la estrategia de financiamiento debe buscar el equilibrio entre los beneficios generados por el sistema y los montos destinados a su ampliación y mantenimiento.

En particular, si se moderniza el catastro se pueden generar aumentos superiores al 100 % en el municipio. La actualización de los valores catastrales y la incorporación de predios al registro son las principales tareas de la modernización del catastro.

Otro elemento que puede mejorar sustancialmente los ingresos municipales es el mejoramiento de los sistemas de información tributaria y de recaudación, una buena cantidad de municipios participantes en el programa solo recaudan menos del 50 % de lo que potencialmente pueden recaudar, y esto es básicamente debido a la falta de actualización de la información y a la utilización de sistemas arcaicos de cobranzas. Por consiguiente, la recuperación de costos e inversiones se basa en el establecimiento de un marco normativo adecuado y en la eficiencia administrativa municipal.

Los objetivos de la estrategia financiera son:

- ❖ Aumentar la recaudación municipal

- 
-
- ❖ Modernizar los sistemas de cargos a los usuarios
 - ❖ Disminuir las transferencias directas de la federación y el estado
 - ❖ Facilitar la privatización de inversiones y servicios

El aumento del financiamiento local dependerá de la categoría de municipio. La proporción de dicho financiamiento en los municipios "Avanzados" deberá pasar a ser un 50 % en el mediano plazo y un 75 % en largo plazo. En los municipios "Progreso" esta proporción deberá ser del 25 % en el mediano plazo y de 40 % en el largo plazo. La participación local en los municipios "Dependientes" no superará el 20 % en el largo plazo.

En síntesis se determina y se recomienda cuánto y cuándo es fundamental e importante la aplicación y conocimiento de la administración, así como la relevancia que tiene y que desempeña la persona o individuo que este al frente de una institución o grupo ya sea de carácter social, político, religiosos o familiar, en función a los compromisos contraídos para el bienestar de los objetivos y el crecimiento y desarrollo de la entidad como tal en este mundo globalizado y competitivo.

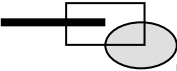
La implementación y aplicación exitosa del sistema, reside esencialmente en la creación de un ente que contendrá los recursos humanos, de equipo y financieros que se regirán por una normatividad para la correcta ejecución del programa, a los que se les dará seguimiento periódico obteniendo así, una evaluación constante de los resultados. La aplicación oportuna de las acciones derivadas del sistema con sus correspondientes ajustes generará, bajo condiciones normales, resultados satisfactorios.

El ambiente sustentable que debe generar el municipio como rector del desarrollo territorial, debe estar encaminado a resolver necesidades del presente con procesos sistemáticos y enfoque integral de política.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.

- ❖ **Cal y Mayor R. y Cárdenas G, J.** “Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones”. 7ª edic., Ed. Alfaomega, México, 2000.
- ❖ **Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica.** 2002. “Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles”. Colección de documentos. Vol. 11. Viña del Mar, Chile.
- ❖ **Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica.** 2002. “Catálogo de deterioros de pavimentos rígidos”. Colección de documentos. Vol. 12. Viña del Mar, Chile.
- ❖ **Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica.** Secretaria de Integración Económica Centroamericana. “Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales”. Guatemala. 2000.
- ❖ **Escalante Sauri Cedric.,** “La conservación de carreteras en México. La experiencia reciente”, AMIVTAC, México, 2002.
- ❖ **Flores Sánchez Diego,** “Construcción, conservación y recuperación de pavimentos en la Ciudad de México”, Tesis Licenciado en Ingeniería Civil (UNAM), México, 2001.
- ❖ **Valenzuela Avalos Teodoro,** “Procesos Administrativos y procedimientos Técnicos aplicados en los Mantenimientos a las Infraestructuras ubicadas en los Caminos Pavimentados de la Región del Usumacinta, Subregion de los Pantanos del Estado Tabasco.”, Tesis Maestro en Administración de la Construcción (ITC), Tabasco, 2006.
- ❖ **Meza Puga Enrique., et al.** ”Sistema de Administración de Pavimentos”, XVI Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestre “Las vías terrestres en el marco de la globalización”. AMIVTAC. México.
- ❖ **Instituto Mexicano del Transporte. Secretaria de Comunicaciones y Transportes,** 2001. “Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento: I pavimentos flexibles”. IMT/SCT. Publicación técnica No. 163. Sanfandila, Qro.
- ❖ **Instituto Mexicano del Transporte. Secretaria de Comunicaciones y Transportes,** 2001. “Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento: II pavimentos rígidos”. IMT. Publicación técnica No. 173. Sanfandila, Qro.

- 
-
- ❖ **Instituto Mexicano del Transporte. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.** “Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias”. IMT. Publicación técnica No. 104. Sanfandila, Qro.
 - ❖ **Secretaria de Desarrollo Social. Dirección General de Ordenación del Territorio.** “Manual de administración de pavimentos en vialidades urbanas”. Tomo XIV. México, D.F.
 - ❖ **Secretaria de Desarrollo Social. Dirección General de Ordenación del Territorio.** “Manual de conservación de obras viales”. Tomo XIII. México, D.F.
 - ❖ **Secretaria de Desarrollo Social. Dirección General de Ordenación del Territorio.** “Manual de Desarrollo Institucional”. Tomo III. México, D.F.
 - ❖ **Secretaria de Desarrollo Social. Dirección General de Ordenación del Territorio.** “Manual de la elaboración del inventario del estado funcional de los pavimentos”. Tomo VI. México, D.F.
 - ❖ **Solminihaç Tampier, Hernán de.** “Gestión de Infraestructura Vial”. 2a. ed., Santiago, Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, (2001).

REFERENCIAS:

- ❖ **Dirección de Planeación del Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Mazatlán.** Plan de vialidades, 2005.

NORMAS TÉCNICAS:

- ❖ Libro 3.01.03 Pavimentos, Normas para construcción e instalaciones. Carreteras y aeropistas, S.C.T., México, 1983, pág. 2.
- ❖ Manual de proyecto geométrico de carreteras, SAHOP, México, 1982, pág. 106. Numeral 5.4.4

PÁGINAS WEB:

- ❖ Página de Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica:
<http://www2.cedex.es/ceta/dircaibea/>.

Se obtuvieron imágenes e información para la elaboración del catálogo de deterioros de los pavimentos.

Se acceso el día 13 de marzo del 2007.

- ❖ Página del Instituto Mexicano del Transporte.
<http://www.imt.mx/publicaciones>
Se obtuvieron las publicaciones técnicas No. 104 y 173 que sirvieron de apoyo para la elaboración de los capítulos I y II.
Se acceso el día 11 de febrero del 2007.

- ❖ Página de Cementos de México. www.cemexmexico.com.
Se obtuvieron algunas imágenes, tablas e información referente a algunos aspectos comparativos entre pavimentos rígidos y flexibles.
Se acceso el 18 de abril del 2007.

- ❖ Página de la Secretaría de Desarrollo Social. <http://www.sedesol.gob.mx>.
Se obtuvieron manuales normativos del Programa de Asistencia Técnica en Transporte para las ciudades medias mexicanas.
Se acceso el día 17 de febrero del 2007.